

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2006年2月23日 (23.02.2006)

PCT

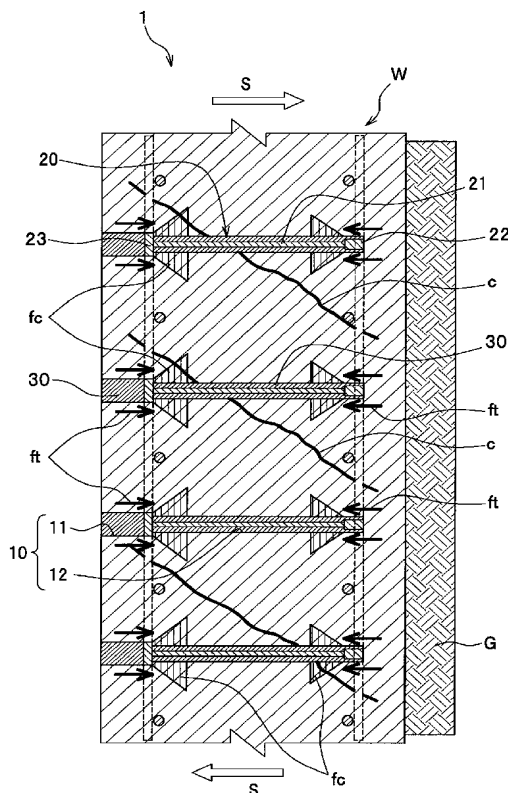
(10) 国際公開番号  
WO 2006/018908 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: E04G 23/02, (72) 発明者; および  
E04C 5/16, E21D 11/00, E02D 37/00 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 田中 良弘  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/000296 (TANAKA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒1630606 東京都新宿  
(22) 国際出願日: 2005年1月13日 (13.01.2005) 区西新宿一丁目25番1号 新宿センタービル 大成  
(25) 国際出願の言語: 日本語 建設株式会社内 Tokyo (JP).  
(26) 国際公開の言語: 日本語 (74) 代理人: 磯野 道造 (ISONO, Michizo); 〒1020093 東京  
(30) 優先権データ: 都千代田区平河町2丁目7番4号 砂防会館別館内  
特願2004-237999 2004年8月18日 (18.08.2004) JP 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo (JP).  
特願2004-238760 2004年8月18日 (18.08.2004) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護  
特願2004-238814 2004年8月18日 (18.08.2004) JP が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,  
特願2004-238763 2004年8月18日 (18.08.2004) JP BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,  
DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,  
HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,  
LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,  
SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 大成  
建設株式会社 (TAISEI CORPORATION) [JP/JP]; 〒  
1630606 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 新宿  
センタービル Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: SHEARING FORCE REINFORCING STRUCTURE AND SHEARING FORCE REINFORCING MEMBER

(54) 発明の名称: せん断力補強構造及びせん断力補強部材



(57) Abstract: A shearing force reinforcing structure (1), comprising an existing reinforced concrete side-wall (W), shearing reinforcing members (20) disposed in bottomed reinforcement member insertion holes (10) formed in the side-wall (W) in a direction orthogonal to main reinforcements, and a filler material (30) filled in the reinforcement member insertion holes (10). The shearing reinforcing member (20) further comprises a general part (12) formed of a shearing reinforcing reinforcement (21) and a plate head (23) and a ring head (22) fixed to the base end part and the tip part thereof, respectively and having the reinforcing member insertion hole (10) with an inner diameter larger than the reinforcement diameter of the shearing reinforcing reinforcement (21) and smaller than the width of the plate head (23) and a base end large width part (11) formed at the base end part of the reinforcing member insertion holes (10) and having an inner diameter larger than the width of the plate head (23). Thus, a specified rigidity against withdrawal can be easily and securely provided by the shearing force reinforcing structure and the shearing force reinforcing member.

[続葉有]

WO 2006/018908 A1



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

---

(57) 要約:

本発明のせん断力補強構造(1)は、既設の鉄筋コンクリート造の側壁(W)と、この側壁(W)の主筋と交差する方向に形成された有底の補強部材挿入孔(10)の内部に配設されるせん断補強部材(20)と、補強部材挿入孔(10)に充填される充填材(30)とからなり、せん断補強部材(20)が、せん断補強鉄筋(21)と、その基端部と先端部にそれぞれ固定されたプレートヘッド(23)及びリングヘッド(22)とから構成されており、補強部材挿入孔(10)が、せん断補強鉄筋(21)の鉄筋径よりも大きく、且つプレートヘッド(23)の幅よりも小さい内径の一般部(12)と、補強部材挿入孔(10)の基端部に形成されて、プレートヘッド(23)の幅よりも大きい内径の基端拡幅部(11)とから構成されている。このようなせん断力補強構造及びせん断力補強構造により、簡易かつ確実に所定の引き抜き剛性を確保することが可能となる。

## 明 細 書

### せん断力補強構造及びせん断力補強部材

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、せん断力が作用する既設の鉄筋コンクリート造(以下、鉄筋コンクリートを「RC」という場合がある)の構造物のせん断力補強構造及びせん断力補強部材に関する。

#### 背景技術

- [0002] 阪神大震災以前に設計及び施工された地下鉄、上下水道浄化施設などの各種施設において、その構造物躯体を構成するRC造のボックスカルバートやRC造の地中埋設構造物の側壁、底版スラブ、中間壁、中間スラブや、橋梁の壁式橋脚などの鉄筋コンクリート構造物(以下「RC構造体」という場合がある)は、レベル2地震動に対するせん断耐力が不足していることが、各種の耐震診断の結果に明らかになっており、速やかに耐震補強を行う必要性が指摘されている。
- [0003] 従来、このようなRC構造体の補強構造として、RC構造体の面に沿って主筋及び配力鉄筋とを配筋してコンクリートを打設する増厚工法や、RC構造体の周囲に鋼板を巻き立て、RC構造体と鋼板との間にモルタルや樹脂等の充填材を充填する鋼板巻き立て工法等が採用されていた。しかし、これらの構造では、補強後に側壁や底版スラブ等の厚さが増大して、躯体の内空断面が減少してしまうために各種の不都合が生じてしまうという問題点を有していた(例えば、上下水道浄化施設の場合には、貯水能力や処理能力が減少してしまうことや、地下鉄の場合には、建築限界を満足しなくなるため、使用不能となってしまう場合が生じる)。また、増厚工法は、主筋が増加することからせん断力が向上する一方で、曲げ耐力も増加するため、補強後においてせん断先行破壊型を曲げ先行破壊型に移行させるという要請を実現するのが困難であった。
- [0004] さらに、補強鉄筋や鋼板等の補強部材の搬入や組み立てに、大掛かりな揚重機械を必要とし、地下構造物内や橋梁等の限られた空間では、これらの揚重機械の制約があり施工が困難な場合があった。また、供用中の道路トンネル内や鉄道トンネル内

のせん断補強では、その交通量や列車運行の制約により、夜間の限られた時間帯内での急速施工の要求に対して、前記従来の補強方法では施工ができない場合があった。

[0005] そこで、前記問題点を解決するために、特開2003-3556号公報に記載されているカルバートのせん断補強方法は、カルバートの外壁の内面側から、所定の間隔で鉛直方向にスリットを形成し、該スリット内に所定の鋼板を挿入した後に、前記スリット内にグラウト材を充填して前記鋼板と前記外壁とを一体化させている。

[0006] しかし、前記補強方法では、単に、スリット内に所定の鋼板を挿入するだけであることから、鋼板に引抜き力が発生した際、十分な剛性(引き抜き力に対する引き抜き抵抗の大きさ、以下「引き抜き剛性」という)を得ることができないという新たな問題点が生じることになった。

#### 発明の開示

[0007] そこで、本発明者は、前記した従来技術の問題に対処すべく研究開発を進め、本発明を創案するに至った。すなわち、簡易かつ確実に所定の引き抜き剛性を確保することが可能となる、既設のRC構造体のせん断力補強構造(以下、単に「せん断力補強構造」という)及びせん断力補強部材を提供することが、本発明の一側面である。

[0008] より具体的には、本発明の一側面としてのせん断力補強構造は、既設の鉄筋コンクリート構造物と、この鉄筋コンクリート構造物に形成された補強部材挿入孔の内部に配設される線材を主体としたせん断補強部材と、前記補強部材挿入孔に充填される充填材とからなるせん断力補強構造であって、前記補強部材挿入孔が、前記線材の直径よりも大きい内径の一般部と、前記補強部材挿入孔の基端部に形成されて、前記一般部よりも大きい内径を有する基端拡幅部とから構成されていることを特徴としている。

[0009] また、前記せん断力補強構造において、前記補強部材挿入孔の先端部には、前記一般部よりも大きい内径を有する先端拡幅部が形成されていることを特徴としている。

[0010] また、前記せん断力補強構造において、前記せん断補強部材が、前記線材である

せん断補強鉄筋と、前記せん断補強鉄筋の基端部に形成されて前記せん断補強鉄筋の鉄筋径よりも断面形状が大きい基端定着部材とから構成されていることを特徴としている。

[0011] また、前記せん断力補強構造における、前記せん断補強鉄筋の先端部に、前記せん断補強鉄筋の鉄筋径よりも断面形状が大きい先端定着部材が形成されていることを特徴としている。

[0012] ここで、本発明による補強の対象部材は、せん断補強が必要となる部材であり、既設である各種の鉄筋コンクリート構造物の面材(壁等)又は版材(底版、中間スラブ、天版等)(以下「RC造面版材」という)に適用可能であり、また、施工対象に関して、現場打ちや、プレキャストコンクリート製品等の種類は問わない。

また、せん断補強部材は、既設の鉄筋コンクリート構造物であるRC造面版材の厚さ方向の内面側端面及び外面側端面から所定の被りコンクリート厚を確保するとともに、予め配筋されている主筋及び配力鉄筋を避けるように配置される必要がある。

さらに、充填材は、せん断補強部材とRC造面版材のコンクリートとを強固に一体とさせるために充填するものであり、エポキシ樹脂、セメント系ミルクあるいはセメント系モルタルなどを用いることが可能である。

[0013] セメント系ミルクあるいはセメント系モルタルの配合として、これらの充填材の材料が硬化した後に、乾燥収縮や自己収縮により補強部材挿入孔とこれらの充填材料との間に微小な隙間が発生してRC構造体と一体とならないことが考えられるので、これらの充填材料に膨張剤を混入して、これらの充填材料が硬化した後にも無収縮の材料としてRC構造体とせん断補強部材との一体性を図ることが好適である。また、補強部材挿入孔の向きにより、充填中の充填材が流れ出すことがないように、充填材に可塑性のある材料を使用することも好適である。

[0014] 本発明によれば、せん断補強部材とRC構造物のコンクリートが充填材を介して一体化されているため、当該RC構造物に、面外のせん断力が作用した場合に発生する斜め引張り応力に対して、せん断補強部材とRC構造物とが一体となって抵抗することになる。従って、既設のRC構造物のせん断耐力を向上させ、地震等による破壊形態を脆性的な破壊から靱性的な破壊へ移行させることができる。

- [0015] また、本発明によれば、RC構造物のコンクリート厚さを増加させることなく、直接的にせん断補強部材を構造体の内部に埋設することにより、せん断耐力と靱性性能の増大を効率的に実現できることから、補強後に躯体の内空断面が減少してしまうといった不都合が生じることを防止することができる。加えて、主筋を増加させることがないため、曲げ耐力を増加させることなく、面外せん断耐力を向上させることができる。そのため、レベル2地震時において、せん断先行破壊型の可能性があるRC構造物を曲げ先行破壊型に移行することができる。
- [0016] また、せん断補強部材において、線材であるせん断補強鉄筋の基端部又は基端部及び先端部に、当該せん断補強鉄筋より断面形状が大きい定着部材（基端定着部材及び先端定着部材）が設けられていれば、当該せん断補強部材の定着効果を高めることができるとともに、せん断補強鉄筋の引張抵抗と定着部材の内側のコンクリートに発生する圧縮応力により、より効果的にせん断耐力の向上と靱性性能の向上を図ることができる。ここで、線材は鉄筋に限定されるものではなく、炭素線材、鋼棒、P C鋼より線等、あらゆる線材が適用可能である。また、本明細書において、定着部材の「幅寸法」は、定着部材の形状が矩形、多角形であれば対角線長、円形であれば直径、楕円形であれば長辺長に統一するものとする。また、以下の説明において、「基端側定着部材」と「先端側定着部材」とを区別しないときは、単に「定着部材」という場合がある。
- [0017] また、前記せん断力補強構造において、前記線材が異形鉄筋の場合に、前記充填材の付着強度が $60\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であることを特徴としている。
- [0018] つまり、充填材として、線材（例えば異形鉄筋等）との付着強度が $60\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の材料を使用すれば、せん断補強部材が線材のみからなる場合であっても、面外せん断耐力を向上させることが可能となる。なお、せん断補強部材が線材のみからなる場合には、補強部材挿入孔の削孔径を小さくすることができるとともに、せん断補強部材の加工の手間を省略することが可能となり好適である。
- [0019] また、前記せん断力補強構造であって、前記充填材が、セメント系マトリックスに繊維が混合された、繊維補強セメント系混合材料であることを特徴としている。
- [0020] また、前記せん断力補強構造における前記繊維補強セメント系混合材料が、セメン

トと最大粒径が2.5mm以下の骨材と粒子径が0.01〜15 $\mu$ mのポゾラン系反応粒子と少なくとも1種類の分散材と水とを混合して得られるセメント系マトリックスに、直径が0.05乃至0.3mmで長さが8乃至16mmの繊維を、前記セメント系混合体の容積に対して1乃至4%程度混入してなることを特徴としている。

[0021] つまり、充填材として、セメントと最大粒径が2.5mm以下、好ましくは2mm以下の骨材と粒子径が0.01〜15 $\mu$ m、好ましくは0.01〜0.5 $\mu$ mの活性度の高いポゾラン系反応粒子と0.1〜15 $\mu$ mの活性度の低いポゾラン系反応粒子と、少なくとも1種類の分散材と水とを混合して得られるセメント系マトリックスに、直径が0.05mm〜0.3mmで長さが8mm〜16mmの繊維を、前記セメント系マトリックスの容積に対して1%〜4%程度混入してなる繊維補強セメント系混合材料を使用すれば、圧縮強度が200N/mm<sup>2</sup>、曲げ引張強度が40N/mm<sup>2</sup>、異形鉄筋に対する付着強度が60〜80N/mm<sup>2</sup>となり、剛性の高い定着効果を実現する。

[0022] また、前記せん断力補強構造において、前記鉄筋コンクリート構造物の表面に繊維シートが接着されており、前記繊維シートと前記せん断補強部材とは、一体化がなされていることを特徴としている。

[0023] また、前記せん断力補強構造において、前記鉄筋コンクリート構造物の表面と、前記基端定着部材の表面と、に繊維シートが接着されていてもよく、前記繊維シートと前記せん断補強部材とは、一体化がなされていることを特徴としている。

[0024] つまり、せん断補強部材又は基端定着部材とRC構造物とが、繊維シートにより一体に接着されていれば、コンクリートの剥落を防止するため、より効果的に靱性性能の向上を図ることが可能となる。

[0025] また、本発明の一側面としてのせん断力補強構造は、既設の鉄筋コンクリート構造物と、前記鉄筋コンクリート構造物に形成された第一補強部材挿入孔の内部に配設される第一せん断補強部材及び第二補強部材挿入孔の内部に配設される第二せん断補強部材と、前記第一補強部材挿入孔及び第二補強部材挿入孔に充填される充填材とからなるせん断力補強構造であって、前記第一せん断補強部材は、第一線材と、前記第一線材の基端部に形成されて該第一線材の直径よりも大きな幅を有する第一基端定着部材とから構成されていることを特徴としている。

- [0026] また、前記せん断力補強構造において、前記第一補強部材挿入孔が、前記第一線材の直径よりも大きい内径の第一一般部と、前記第一補強部材挿入孔の基端部に形成されて、前記第一一般部よりも大きい内径を有する第一基端拡幅部とから構成されていることを特徴としている。
- [0027] また、前記せん断力補強構造の前記第一補強部材挿入孔の先端部には、前記第一一般部よりも大きい内径を有する第一先端拡幅部が形成されていることを特徴としている。
- [0028] また、前記せん断力補強構造において、前記第二せん断補強部材は、第二線材と、前記第二線材の基端部に形成されて該第二線材の直径よりも大きな幅を有する第二基端定着部材とから構成されており、前記第一基端定着部材は、前記第二基端定着部材の幅よりも大きな幅を有していることを特徴としている。
- [0029] また、前記せん断力補強構造の前記第一せん断補強部材の先端部に、前記第一線材の直径よりも大きな幅を有する第一先端定着部材が形成されていることを特徴としている。
- [0030] また、前記せん断力補強構造の前記第一せん断補強部材と前記第二せん断補強部材との先端部に、それぞれ前記第一線材の直径よりも大きな幅を有する第一先端定着部材と前記第二線材の直径よりも大きな幅を有する第二先端定着部材とが形成されていてもよい。
- [0031] また、前記せん断力補強構造において、前記鉄筋コンクリート構造物はラーメン構造からなり、前記第一補強部材挿入孔は、前記鉄筋コンクリート構造物の隅角部に形成されることを特徴としている。
- [0032] また、前記せん断力補強構造の前記第一基端定着部材は、前記第一線材の直径の5倍以上、20倍以下の幅、好ましくは10倍以上、15倍以下の幅からなるプレート状の部材が、前記第一線材の基端部に固定されてなることを特徴としている。
- [0033] また、前記せん断力補強構造の前記鉄筋コンクリート構造物の内面には、繊維シートが接着されており、前記繊維シートは、前記第一線材と一体化がなされていることを特徴としている。
- [0034] また、前記せん断力補強構造であって、前記鉄筋コンクリート構造物の内面には、



繊維シートが接着されており、前記繊維シートは、前記鉄筋コンクリート構造物の表面と、前記第一線材の前記第一基端定着部材の表面とに接着されて一体化がなされていてもよい。

[0035] したがって、塑性ヒンジが発生すると考えられる付近(以下、「第一領域」という場合がある)のせん断補強部材である第一せん断補強部材の第一基端定着部材が、第一せん断補強鉄筋(第一線材)の10倍～15倍程度の幅を有するプレート状の部材から形成されていれば、該第一基端定着部材よりも外面側のコンクリートを拘束して、より効果的に靱性性能の向上を図ることができるため、好適である。さらに、これらのプレート状の第一基端定着部材の表面とRC構造物の表面とに、繊維シートが一体に接着されていれば、コンクリートの剥落を防止するため、より効果的に靱性性能の向上を図ることが可能となる。ここで、線材は異形鉄筋や丸鋼鉄筋に限定されるものではなく、炭素線材、鋼棒、PC鋼より線等、あらゆる線材が適用可能である。

[0036] また、本発明のせん断力補強構造は、異なる2種類のせん断補強部材を使用しており、コンクリート構造物に発生する応力に対して、これらの異なる2種類のせん断補強部材を適切に配設すれば、より効果的にせん断耐力を増強し、且つ靱性性能を向上させることが可能となり、好適である。また、異なる応力が作用する各領域(例えば、塑性ヒンジが発生すると考えられる領域と、それ以外の領域)において、配設されるせん断補強部材の形状をその応力に応じて形成させれば、材料費を必要最小限に抑えることが可能となるため好適である。

[0037] つまり、本発明のせん断力補強構造によれば、RC構造物が巨大地震等による水平力を受けた際に、隅角部付近に発生する塑性ヒンジの変形能力を大きくすることで、地盤の変形量による損傷を小さくすることが可能となる。そのため、せん断破壊と同時に上載荷重を支持できなくなって、RC構造物の全体が破壊することを防止することが可能となる。

[0038] 本発明の一側面としてのせん断力補強部材は、既設の鉄筋コンクリート構造物に形成された補強部材挿入孔の内部に配設されるせん断補強部材であって、前記補強部材挿入孔の延長よりも短い長さの線材と、前記線材の直径よりも大きな幅寸法を有し、該線材の基端部及び先端部にそれぞれ固定された基端定着部材及び先端定

着部材とから構成されていることを特徴としている。

[0039] また、前記せん断力補強部材において、前記先端定着部材は、幅寸法が前記線材の直径の120%乃至250%に形成されていることを特徴としている。

[0040] また、前記せん断力補強部材における、前記線材には、その先端部に雄ネジ部材が一体に形成されており、前記先端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の80%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の200%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートからなり、当該鋼製プレートには、雌ネジが形成されており、この雌ネジに前記線材の雄ネジ部材をねじ込むことにより前記線材の先端部に固定されてなることを特徴としている。

[0041] また、前記せん断力補強部材における、前記線材には、その先端部に雄ネジが加工されており、前記先端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の80%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の200%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートからなり、この鋼製プレートには、雌ネジが形成されており、この雌ネジに前記線材の雄ネジをねじ込むことにより前記線材の先端部に固定されてなることを特徴としている。

[0042] また、前記せん断力補強部材における、前記線材は、ネジ鉄筋から構成されてなり、前記先端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の80%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の200%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートからなり、この鋼製プレートには、雌ネジが形成されており、この雌ネジに前記線材をねじ込むことにより前記線材の先端部に固定されてなることを特徴としている。

[0043] また、前記せん断力補強部材において、前記基端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の30%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の130%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートが前記線材の基端部に固定されてなることを特徴としている。

[0044] 前記した本発明の諸側面および効果、並びに、他の効果およびさらなる特徴は、添付の図面を参照して後述する本発明の例示的かつ非制限的な実施の形態の詳細な説明により、一層明らかとなるであろう。

図面の簡単な説明

[0045] [図1]第1の実施の形態に係るせん断力補強構造を示す断面図である。

[図2]第1の実施の形態および第2の実施の形態に係る補強部材挿入孔を示す図であり、(a)は正断面図、(b)は側断面図である。

[図3]第1の実施の形態に係るせん断補強部材の全体斜視図である。

[図4](a)は、第1の実施の形態に係るせん断補強部材のリングヘッドを示す斜視図であり、(b)～(g)は、リングヘッドの変形例を示す斜視図である。

[図5]リングヘッドの周囲に先端拡幅部を設けた場合の応力状態を示す側断面図である。

[図6](a)、(b)ともに、プレートヘッドを有するせん断補強鉄筋と、端部に半円形状のフックを形成したせん断補強鉄筋の引き抜き実験の結果を示すグラフである。

[図7]第2の実施の形態に係るせん断力補強構造を示す断面図である。

[図8]第2の実施の形態に係るせん断補強部材の全体斜視図である。

[図9]第3の実施の形態及び第4の実施の形態に係る補強方法の補強部材挿入孔穿設工程を示す図であり、(a)は側断面図、(b)は正断面図である。

[図10]第3の実施の形態に係るせん断力補強方法の各工程を示す正断面図であり、(a)は充填材充填工程、(b)は補強鉄筋挿入工程、(c)及び(d)はせん断補強部材配置工程を示している。

[図11](a)は、第3の実施の形態に係るせん断補強部材の分解斜視図であり、(b)及び(c)はせん断補強部材の変形例を示す分解斜視図である。

[図12]第3の実施の形態に係る補強構造を適用した壁にせん断力が作用した場合の応力状態を示す正断面図である。

[図13](a)、(b)ともに、プレートヘッドを有するせん断補強鉄筋と、端部に半円形状のフックを形成したせん断補強鉄筋の引き抜き実験の結果を示すグラフである。

[図14]第4の実施の形態に係るせん断力補強方法の各工程を示す正断面図であり、(a)は補強鉄筋挿入工程、(b)はせん断補強部材配置工程、(c)及び(d)は充填材充填工程を示している。

[図15]第5の実施の形態に係るせん断力補強方法の各工程を示す正断面図であり、(a)は補強鉄筋挿入工程、(b)は補強鉄筋挿入工程、(c)は充填材充填工程、(d)

はせん断補強部材配置工程を示している。

[図16]第6の実施の形態に係るせん断力補強構造を示す断面図であり、(b)及び(c)はその変形例である。

[図17](a)は、せん断力補強構造の配置関係を示す概略断面図であり、(b)は補強部材挿入孔の拡大断面図である。

[図18]第6の実施の形態に係るせん断補強部材の全体斜視図である。

[図19]第6の実施の形態に係るせん断力補強構造にせん断力が作用した場合の応力状態を示す側断面図である。

[図20](a)，(b)ともに、プレートヘッドを有するせん断補強鉄筋と、端部に半円形状のフックを形成したせん断補強鉄筋の引き抜き実験の結果を示すグラフである。

[図21]第7の実施の形態に係るせん断力補強構造を示す断面図である。

[図22]第一せん断補強部材を示す図であり、(a)は設置状況を示す断面図、(b)は全体を示す斜視図である。

[図23]第二せん断補強部材を示す図であり、(a)は設置状況を示す断面図、(b)は全体を示す斜視図である。

[図24]地盤に埋設されたボックスカルバートの地震による変形状況を示す図であり、(a)は常時、(b)は地震時、(c)は地震時の曲げモーメント図である。

[図25]第8の実施の形態に係るせん断力補強構造を示す断面図である。

[図26]第8の実施の形態に係る第一せん断補強部材の設置状況を示す断面図である。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0046] 本発明の補強方法の好適な実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下は、地中の地盤Gに埋設された既設鉄筋コンクリート構造物である側壁または中間壁をせん断補強する場合について説明を行う。なお、以下の説明において、同一要素には同一の符号を用い、重複する説明は省略する。ここで、本明細書において「外面」とは、RC構造体の面材又は版材の地山に面している側の面をいい、「内面」とは、同面材又は版材の外面に対向する面で、地山に面していない側の面をいう。

[0047] <第1の実施の形態>

第1実施形態に係るせん断力補強構造1は、図1に示すように、既設の鉄筋コンクリート造の側壁Wに、側壁Wの内面側から主筋と交差する方向に形成された有底の補強部材挿入孔10の内部に配設されるせん断補強部材20と、前記補強部材挿入孔10に充填される充填材30とから構成されている。

[0048] ここで、せん断補強部材20は、線材であるせん断補強鉄筋21と、このせん断補強鉄筋21の先端部に固定されたリングヘッド(先端定着部材)22と、せん断補強鉄筋21の基端部に固定されたプレートヘッド(基端定着部材)23とから構成されている(図3参照)。

[0049] また、補強部材挿入孔10は、せん断補強鉄筋21の鉄筋径及びリングヘッド22の外径よりも大きく、且つプレートヘッド23の幅よりも小さい内径の一般部12と、補強部材挿入孔10の基端部に形成されて、プレートヘッド23の幅よりも大きい内径の基端拡幅部11とから構成されている。ここで、本明細書において、定着部材の「幅」は、定着部材の形状が矩形、多角形であれば対角線長、円形であれば直径、楕円形であれば長辺長に統一するものとする。

そして、基端拡幅部11のプレートヘッド23より内面側の空間は、充填材30により充填されている。

[0050] 以下、第1実施形態に係るせん断力補強構造1の細部について説明する。

[0051] 補強部材挿入孔10は、側壁Wの内面側から外面側に向けて、せん断補強部材20を設置するために穿孔されたものであり、図2に示すように、既設RC構造体の施工時の配筋図や非破壊試験の情報をもとに、穿孔時に主筋R1及び配力鉄筋R2に損傷を与えることの無いように、横間隔は主筋R1と、縦間隔は配力鉄筋R2と同間隔で両鉄筋の中央に配置されている。図2(b)に示すように、補強部材挿入孔10の穿孔は、側壁Wの内面側(一面側)から地盤Gと接している外面側(他面側)方向であって側壁W面に略垂直な方向に、インパクト・ドリルやロータリーハンマ・ドリル、コア・ドリルなどの穿孔手段を用いて、外面側の主筋R1の位置の深さまで行なわれている。また、補強部材挿入孔10は、やや下向きの傾斜を有して穿孔されており、他面側に所定寸法の被りコンクリート厚さを差し引いた長さ寸法に設けるとともに、孔径は、図3に示

せん断補強部材20の先端部に取り付けられているリングヘッド22の外径に若干の余裕を見込んだ値に形成されている。

[0052] なお、補強部材挿入孔10がやや下向きの傾斜を有して形成される理由は、せん断補強部材20の挿入時において、充填材30を充填する際に、内部の空気を排出しやすくするためであり、このようにすることにより、当該充填材30の充填をより完全に行うことができるようになる。

[0053] また、補強部材挿入孔10の基端部には、せん断補強部材20の基端部(末端部)に取り付けられているプレートヘッド23の周縁部が掛止されるように、前記穿孔手段を用いて削孔径の拡幅を行うことにより、基端拡幅部11が形成されている。なお、この基端拡幅部11の削孔深さはプレートヘッド23の厚みに被りコンクリート厚さを加算した値となっていて、第1実施形態では内面側の主筋R1の位置まで穿孔されている。

[0054] せん断補強部材20は、図3に示すように、異形鉄筋からなるせん断補強鉄筋21と、前記せん断補強鉄筋21の先端部及び基端部に設けられている、当該せん断補強鉄筋21より断面形状が大きいリングヘッド22及びプレートヘッド23と、から構成されている。そして、せん断補強部材20は、図1に示すように、補強部材挿入孔10に挿入した状態で、プレートヘッド23の周縁部が基端拡幅部11に掛止されるとともに、リングヘッド22の先端が補強部材挿入孔10の先端の底に当接する長さを有している。ここで、せん断補強鉄筋(線材)21として異形鉄筋を使用するものとしたが、線材21は、異形鉄筋に限定されるものではなく、線状の補強材料としての機能を発揮するものであれば、例えばネジ鉄筋、鋼棒、PC鋼より線、炭素線材等を使用してもよい。

[0055] リングヘッド22は、図3又は図4(a)に示すように、軟鋼やアルミニウム合金などの比較的加工しやすい金属製材料を用い、厚さがせん断補強鉄筋21の直径の15%～40%、長さがせん断補強鉄筋21の直径の100%～250%の形状を有する円筒体を準備する。これを、せん断補強鉄筋21の先端部にかぶせ、この周りを半分の円環を2つあわせたグリッパを用いて周囲から押しつぶすことにより、あるいは、鉄筋のスクイズ・ジョイントに用いるような円筒体を絞り込む(スクイズする)ようにして、円筒体を塑性変形させてせん断補強鉄筋21と一体にすることにより製造されている。

[0056] なお、リングヘッド22は、前記のものに限定されるものではなく、適宜、適切な方法

によりその幅寸法がせん断補強鉄筋の直径の120%～250%に形成すればよい。  
例えば、図4(b)に示すリングヘッド22bのように、せん断補強鉄筋21としてネジ鉄筋を用いて、先端部にロックナットをねじ込み、せん断補強鉄筋21とロックナットとのがたつきを取り除くためにダブルナットとするか、ナット内部の隙間にエポキシ樹脂のような充填材を注入する方法のいずれかにより、リングヘッド22bとして、厚さがせん断補強鉄筋の直径の150%～250%、長さがせん断補強鉄筋の直径の100%～250%となるように、製造することもできる。

[0057] また、図4(c)に示すリングヘッド22cのように、厚さがせん断補強鉄筋21の直径の30%～80%、幅がせん断補強鉄筋21の直径の140%～200%の円形鋼製プレートをせん断補強鉄筋21の先端部に摩擦圧接Aすることにより製造してもよい。また、図4(d)や図4(e)に示すように、厚さがせん断補強鉄筋21の直径の30%～80%、幅がせん断補強鉄筋21の直径の140%～200%の多角形鋼製プレートや、厚さがせん断補強鉄筋21の直径の30%～80%、長軸がせん断補強鉄筋21の直径の140%～200%の楕円形(小判型や円の側部を切り落としたような形状も含む)鋼製プレートから製造してもよい。このようにすると、補強部材挿入孔10との間に隙間が形成されることになるので補強部材挿入孔10に充填されている充填材30による挿入抵抗を低減し、且つ、リングヘッド22d, 22eの後方に空気を残さないでせん断補強部材20を挿入することができる。

[0058] また、前記円形鋼製プレート、多角形鋼製プレート、楕円形鋼製プレートに孔hを設けることで、充填材30による挿入抵抗を低減し、且つ、リングヘッド22fの後方に空気を残すことなくせん断補強部材20を挿入することができる構成としてもよい(図4(f)参照)。さらに、図4(g)に示すように、リングヘッド22gのせん断補強鉄筋と接合した面と反対側の面を凸状の球面形状にすることにより、挿入抵抗を低減する構成としてもよい。

ここで、リングヘッド22とせん断補強鉄筋21との接合方法は、前記の方法に限定されるものではなく、摩擦圧接接合、ガス圧接接合、アーク溶接接合等、その一体化が可能であればよい。

[0059] プレートヘッド23は、図3に示すように、厚さがせん断補強鉄筋21の直径の40%～

80%、幅がせん断補強鉄筋21の直径の150%～300%の四角形状の鋼製プレート  
をせん断補強鉄筋21の基端部に一体に固定されてなる。プレートヘッド23のせん断  
補強鉄筋21への固定は、摩擦圧接機械を用いて、固定したせん断補強鉄筋21に  
回転させた鋼製プレートを押し付けることにより、回転する鋼製プレートに所定の圧力  
で摩擦熱を発生させて、鋼製プレートをせん断補強鉄筋21に溶着(摩擦圧接A)さ  
せることにより簡易に行うことができる。

ここで、プレートヘッド23とせん断補強鉄筋21との接合方法は、摩擦圧接Aに限定  
されるものではなく、ガス圧接接合、アーク溶接接合等、その一体化が可能であれば  
よい。また、プレートヘッド23の形状は、四角形に限定されるものではなく、円形、楕  
円形、多角形等でもよい。

- [0060] なお、両端部のリングヘッド22とプレートヘッド23の組み合わせは、補強を行う側  
壁Wの配筋状態、コンクリート強度、壁厚などの要因にあわせて自由に選択すること  
ができる。
- [0061] 充填材30には、可塑性のあるセメント系モルタルからなり、上向きに充填しても流れ  
落ちることのない性質を有したものをを用いる。ここで、可塑性のあるセメント系モルタル  
は、セメントとシリカヒュームや石英粉などのポゾラン物質と増粘材と水とから構成され  
る材料である。なお、充填材30の材質等は、同様の特性を有するものであれば、こ  
れに限定されるものではない。
- [0062] 本発明のせん断力補強構造は、図1に示すように面外のせん断力Sが作用した時  
に発生する斜めひび割れcに対して、直接的にせん断補強部材20で補強してせん  
断耐力を向上させるものである。

つまり、面外のせん断力Sが側壁Wに作用すると斜めひび割れcが発生しようとする  
が、せん断補強部材20に引張力が働くために、両端部のリングヘッド22やプレート  
ヘッド23に引き抜き力 $f_t$ が作用する。このために、リングヘッド22及びプレートヘッド  
23の内側にあるコンクリート(以下「内部コンクリート」という)には、その反力として内  
部コンクリートに支圧力が作用して、圧縮応力 $f_c$ の場が形成される。つまり、内部コン  
クリートは横拘束を受けて、斜め引張に対して、抵抗力を増大する結果となる。このた  
めに、端部にそれぞれリングヘッド22とプレートヘッド23の付いたせん断補強部材2



0により側壁Wの面外せん断耐力が増大するとともに、内部コンクリートに圧縮応力 $f_c$ が発生する(圧縮応力場が形成される)ことによる靱性性能の増大も図られることになる。

[0063] また、第1実施形態において、リングヘッド22の周囲に先端拡幅部13を設けてもよく、その場合には図5に示すせん断力補強構造1'のように、リングヘッド22の定着効果と靱性性能が増大する。すなわちリングヘッド22に引き抜き力 $f_t$ が作用するときに、削孔内壁と充填材30との間で付着滑りが発生することを防止することができ、引き抜き剛性を増大することができる。さらに、リングヘッド22に作用する支圧反力が内部コンクリートに有効に作用して、大きな圧縮応力 $f_c$ の場が形成されるために内部コンクリートの拘束効果がより一層高まり、靱性性能が増大する。

[0064] また、第1実施形態に係るせん断力補強構造1による補強を行った場合に、リングヘッド22とプレートヘッド23が存在することから、定着部分が増大することになる。この定着効果を調べるために、プレートヘッド23を有するせん断補強鉄筋21と、端部に半円形状のフックを形成したせん断補強鉄筋(以下「比較例」という)の引き抜き実験を行った結果の一例を、図6(a)及び図6(b)に示す。図6(a)は、異形鉄筋(D16)を用い、RC部材中に直径25mmの補強部材挿入孔を穿孔し、当該補強部材挿入孔に、厚さ9mm、直径35mmの円形の形状のプレートヘッド23を有するせん断補強部材と比較例とを挿入して、充填材を充填させて硬化させた場合における、各せん断補強部材の引張応力と、抜け出し変位の関係を求めたものである。

図6(b)は、同様に異形鉄筋(D22)を用い、RC部材中に直径32mmの補強部材挿入孔を穿孔し、当該補強部材挿入孔に、厚さ16mm、直径が45mmの円形の形状のプレートヘッドを有するせん断補強部材と比較例とを挿入して、各せん断補強部材の引張応力と、抜け出し変位の関係を求めたものである。

[0065] この結果によれば、本発明に係るプレートヘッド23を有するせん断補強鉄筋は、比較例と比べると抜け出し変位が小さく(引き抜き剛性が高く)、定着効果が格段に優れていることが実証されることになった。

[0066] 第1実施形態に係るせん断力補強構造1の構築は、補強部材挿入孔10を側壁Wに穿孔した後、一般部12への充填材30の充填を行い、補強部材挿入孔10にせん

断補強部材20を挿入して、基端拡幅部11に充填材30を充填することにより行う。ここで、一般部12への充填材30の充填と、補強部材挿入孔10へのせん断補強部材20の挿入の順序は限定されるものではなく、せん断補強部材20を補強部材挿入孔10に挿入した後、充填材30を充填する構成としてもよい。この場合において、充填材30の一般部12への充填は、プレートヘッド23に注入孔を形成し、この注入孔から注入することにより行なえばよい。

[0067] <第2の実施の形態>

第2の実施の形態に係るせん断力補強構造2は、図7に示すように、既設の鉄筋コンクリート構造物である側壁Wと、この側壁Wの主筋と交差する方向に形成された有底の補強部材挿入孔10の内部に配設されるせん断補強部材20'と、前記補強部材挿入孔10に充填される充填材30とから構成されている。

[0068] ここで、せん断補強部材20'は、図8に示すように、線材であるせん断補強鉄筋21'と、前記せん断補強鉄筋21'の基端部に固定されたプレートヘッド(基端定着部材)23とから構成されている。

また、補強部材挿入孔10は、図7に示すように、せん断補強鉄筋21'の鉄筋径よりも大きく、且つプレートヘッド23の幅よりも小さい内径の一般部12と、前記補強部材挿入孔10の基端部に形成されて、プレートヘッド23の幅よりも大きい内径の基端拡幅部11とから構成されている。

また、充填材30は、第1実施形態で使用した充填材30と同様のものを使用する。

[0069] 以下、第2実施形態に係るせん断力補強構造の細部について説明する。

[0070] 補強部材挿入孔10は、側壁Wの内面側から外面側に向けて、せん断補強部材20'を設置するために穿孔されたものであり、図2に示すように、既設RC構造体の施工時の配筋図や非破壊試験の情報をもとに、穿孔時に主筋R1及び配力鉄筋R2に損傷を与えることの無いように、横間隔は主筋R1と、縦間隔は配力鉄筋R2と同間隔で両鉄筋の中央に配置されている。図2(b)に示すように、補強部材挿入孔10の穿孔は、側壁Wの内面側(一面側)から地盤Gと接している外面側(他面側)方向であって側壁W面に略垂直な方向に、インパクト・ドリルやロータリーハンマ・ドリル、コア・ドリルなどの穿孔手段を用いて、外面側の主筋R1の位置の深さまで行なわれている。ま

た、補強部材挿入孔10は、やや下向きの傾斜を有して穿孔されており、他面側に所定寸法の被りコンクリート厚さを差し引いた長さ寸法に設けるとともに、孔径は、図8に示すせん断補強鉄筋21'の鉄筋径に若干の余裕を見込んだ値に形成されている。

[0071] また、補強部材挿入孔10の基端部には、せん断補強部材20'の基端部(末端部)に取り付けられているプレートヘッド23の周縁部が掛止されるように、前記穿孔手段を用いて削孔径の拡幅を行うことにより、基端拡幅部11が形成されている。なお、この基端拡幅部11の削孔深さはプレートヘッド23の厚みに被りコンクリート厚さを加算した値となっていて、本実施形態では、第1実施形態と同様に内面側の主筋R1の位置まで穿孔されている。

[0072] せん断補強部材20'は、図8に示すように、その先端に尖鋭部25を有するせん断補強鉄筋21'と、前記せん断補強鉄筋21'の基端部に摩擦圧接Aにより設けられている、当該せん断補強鉄筋21'より断面形状が大きいプレートヘッド23と、から構成されている。なお、せん断補強鉄筋21'の基端部とプレートヘッド23の摩擦圧接Aによる固定方法は、第1実施形態において説明した方法と同様であるため、詳細な説明は省略する。また、プレートヘッド23の形状も、第1実施形態において説明したものと同様のため、詳細な説明は省略する。そして、せん断補強部材20'は、図7に示すように、補強部材挿入孔10に挿入した状態で、プレートヘッド23の周縁部が基端拡幅部11に掛止されるとともに、せん断補強鉄筋21'の先端が補強部材挿入孔10の先端の底に当接する長さを有している。

[0073] せん断補強部材20'の尖鋭部25の加工方法は、せん断補強鉄筋21'の先端部を鋭角に切り落としたり、加熱して変形させるなど、限定されるものではない。せん断補強鉄筋21'の先端部に尖鋭部25を設けることにより、せん断補強部材20'の挿入前に充填材30の充填を行う場合に、せん断補強部材20'を挿入時に空気を巻き込むことを防止することが可能となる。

[0074] なお、プレートヘッド23の内面側の基端拡幅部11にできた空間は、セメント系モルタルからなる充填材30をコテによりすり込むことで充填されている。

[0075] 次に、本実施の形態によるせん断補強のメカニズムについて図7を用いて説明する。

面外のせん断力が側壁Wに作用すると斜めひび割れcが発生しようとするが、せん断補強鉄筋21'があるのでこのせん断補強鉄筋21'に引張力が働いて、端部のプレートヘッド23に引き抜き力 $f_t$ が作用する。このために、プレートヘッド23の内側にあるコンクリートにはプレートヘッド23からの支圧力が作用して、側壁W内部のコンクリートには圧縮応力 $f_c$ が作用する。つまりプレートヘッド23の内側のコンクリートは横拘束を受けて、斜め引張に対して抵抗力を増大する結果となる。このため、端部にプレートヘッド23のついた鉄筋補強により側壁Wの面外せん断耐力の増大とともに、内部コンクリートに圧縮応力 $f_c$ が形成されることによる靱性能も増大する。

なお、本実施の形態による補強を行った場合においても、定着効果を調べるために第1実施形態において行われた引き抜き実験を行ったところ、図6(a)、(b)と同様の結果が得られた。

[0076] 第2実施形態に係るせん断力補強構造2の構築は、補強部材挿入孔10を側壁Wに穿孔した後、一般部12への充填材30の充填を行い、補強部材挿入孔10にせん断補強部材20'を挿入して、基端拡幅部11に充填材30を充填することにより行う。

[0077] 第3〜5の実施の形態に係るせん断力補強構造3は、既設の鉄筋コンクリート造の中間壁W'と、この中間壁W'の主筋と交差する方向に中間壁W'を貫通した補強部材挿入孔10の内部に配設されるせん断補強部材40と、前記補強部材挿入孔10に充填される充填材30とから構成されている(図10(d)、図14(d)、図15(d)参照)。なお、説明における「左」「右」は、図9(b)に示した方向に統一する。

[0078] せん断補強部材40は、線材であるせん断補強鉄筋41と、この基端部と先端部にそれぞれ固定された基端プレートヘッド(基端定着部材)43及び先端プレートヘッド(先端定着部材)42とから構成されている。

また、補強部材挿入孔10は、せん断補強鉄筋41の鉄筋径よりも大きく、且つ基端プレートヘッド43の幅寸法よりも小さい内径の一般部12と、補強部材挿入孔10の基端部に形成された、基端プレートヘッド43の幅寸法よりも大きい内径の拡幅部11と、補強部材挿入孔10の先端部に形成された、先端プレートヘッド42の幅寸法よりも大きい内径の拡幅部11とから構成されている。

[0079] 以下、第3〜5の実施の形態に係るせん断力補強構造の構築方法及び細部の構

成について説明する。

[0080] <第3の実施の形態>

第3の実施の形態(以下、単に「第3実施形態」という場合がある)に係る補強方法は、(1)補強部材挿入孔穿孔工程と、(2)充填材充填工程と、(3)補強鉄筋挿入工程と、(4)せん断補強部材配置工程、の各工程を主要部として構成されている。

[0081] (1)補強部材挿入孔の穿孔工程

本工程は、既設RC構造体の中間壁を貫通する、せん断補強部材を設置するための補強部材挿入孔を穿孔する工程である。

[0082] 図9(a)に示すように、補強部材挿入孔10は、既設RC構造体の施工時の配筋図や非破壊試験の情報をもとに、穿孔時に主筋R1及び配力鉄筋R2に損傷を与えることの無いように、横間隔は主筋R1と、縦間隔は配力鉄筋R2と同間隔で両鉄筋の中央に配置する。図9(b)に示すように、補強部材挿入孔10は、中間壁W'の側面に略垂直な方向に貫通しており、インパクト・ドリル、レッグドリル、ロータリーハンマ・ドリル、コア・ドリルなどの穿孔手段を用いて穿孔される。この補強部材挿入孔10の孔径は、図10(b)に示すせん断補強鉄筋41の鉄筋径に若干の余裕を見込んだ値とする。

[0083] その後、せん断補強部材40の基端部(末端部)に取り付けられている基端プレートヘッド(基端側定着部材)43と先端部に取り付けられている先端プレートヘッド(先端側定着部材)42の周縁部が孔内に掛止されるように(図10(c)参照)、前記穿孔手段を用いて補強部材挿入孔10の削孔径の拡幅(以下、この削孔径が拡幅された部分を「拡幅部11」という)を行う。なお、この拡幅部11の削孔深さは、それぞれ先端プレートヘッド42と基端プレートヘッド43の厚みに被りコンクリート厚さを加算した値とする必要がある。つまり、せん断補強部材40を補強部材挿入孔10に配置した状態で、先端プレートヘッド42と基端プレートヘッド43とが、主筋R1と同等の被りコンクリート厚を確保している。なお、この拡幅部11の直径は、それぞれ先端プレートヘッド42と基端プレートヘッド43の幅(円形の場合は直径)に若干の余裕を見込んだ値とする。以降、補強部材挿入孔10において、削孔径の拡幅がなされていない部分を一般部12と称する。

そして、補強部材挿入孔10の拡幅部11の穿孔が完了したら、当該孔内に穿孔の

ために生じたコンクリート粉を除去する。

[0084] (2) 充填材充填工程

本工程は、図10(a)に示すように、補強部材挿入孔穿孔工程において穿孔された補強部材挿入孔10の一般部12に充填材30を圧入機械Mにより充填する工程である。

[0085] 図10(a)に示すように、補強部材挿入孔10の穿孔が完了した後、圧入機械Mにより、一般部12に可塑性のあるセメント系モルタルからなる充填材30を充填する。ここで、補強部材挿入孔10の一般部12の右側端部には、木製あるいはプラスチック製の栓30aが設置されており、充填材30の流出を防止している。

可塑性のあるセメント系モルタルは、セメントとシリカヒュームや石英粉などのポゾラン物質と増粘材と水とから構成される材料で、上向きに充填しても流れ落ちることのない性質を有している充填材30であるため、補強部材挿入孔10の方向に限定されることなく、充填することが可能である。なお、充填材30の材質等は、同様の特性を有するものであれば、これに限定されるものではない。また、充填材30の補強部材挿入孔10への充填は、圧入機械Mによる充填に限定されるものではなく、その他、公知の方法により充填してもよい。

[0086] (3) せん断補強鉄筋挿入工程

本工程は、図10(b)に示すように、充填材充填工程において一般部12に充填材30が充填された補強部材挿入孔10にせん断補強鉄筋41と、せん断補強鉄筋41の基端部に設けられている、当該せん断補強鉄筋41より断面形状が大きい基端プレートヘッド43とを挿入する工程である。

[0087] せん断補強鉄筋41の補強部材挿入孔10への挿入は、補強部材挿入孔10の栓30aが設置されていない左側の開口部から、その基端部に基端プレートヘッド43が固定されたせん断補強鉄筋41を、その先端が栓30aに当接するまで挿入することにより行う。この際、補強部材挿入孔10はせん断補強鉄筋41の鉄筋径に余裕を見込んで形成されているため、補強部材挿入孔10の一般部12内に充填材30が充填されていても、せん断補強鉄筋41の挿入が可能となっている。なお、せん断補強鉄筋41の補強部材挿入孔10への挿入の際に、せん断補強鉄筋41の先端部に弾丸状のゴ

ム製あるいはプラスチック製のキャップを取り付けることにより、充填材の挿入抵抗を小さくする構成としてもよい。

[0088] ここで、第3実施形態に係るせん断補強鉄筋41は、図11(a)に示すように、異形鉄筋からなり、その基端部(図11(a)において左端部)には、基端プレートヘッド43が、摩擦圧接Aにより固定されている。また、せん断補強鉄筋41の先端部(図11(a)において右端部)には、後記する先端プレートヘッド42を接合するための雄ネジ部材41aが摩擦圧接Aにより固定されている。ここで、せん断補強鉄筋(線材)41として異形鉄筋を使用するものとしたが、線材41は、異形鉄筋に限定されるものではなく、線状の補強材料としての機能を発揮するものであれば、例えばネジ鉄筋、鋼棒、PC鋼より線、炭素線材等を使用してもよい。

[0089] また、基端プレートヘッド43は、図11(a)に示すように、厚さ寸法がせん断補強鉄筋41の鉄筋径の30%〜120%、幅寸法がせん断補強鉄筋41の鉄筋径の200%〜300%の四角形状をした鋼製プレートを、せん断補強鉄筋41の基端部に接合することにより構成されている。

[0090] なお、基端プレートヘッド43のせん断補強鉄筋41への接合方法は、図示しない摩擦圧接機械を用いて、固定したせん断補強鉄筋41に回転させた鋼製プレートを押し付けることにより、回転する鋼製プレートに所定の圧力で摩擦熱を発生させて、鋼製プレートをせん断補強鉄筋41に溶着(摩擦圧接A)させることにより行う。

ここで、基端プレートヘッド43とせん断補強鉄筋41との接合方法は、摩擦圧接Aに限定されるものではなく、ガス圧接接合やアーク溶接接合等、その一体化が可能であればよい。また、基端プレートヘッド43の形状は、四角形に限定されるものではなく、その他の多角形、円形、楕円形でもよい。

#### [0091] (4) せん断補強部材配置工程

本工程は、図10(c)及び(d)に示すように、補強部材挿入孔10の右側から、せん断補強鉄筋41より断面形状が大きい先端プレートヘッド42を挿入し、せん断補強鉄筋挿入工程において補強部材挿入孔10に挿入されたせん断補強鉄筋41の先端部に固定した後、拡幅部11内の空間11aに、充填材30を充填することで、中間壁W'の内部に、せん断補強部材40を配置する工程である。

- [0092] 先端プレートヘッド42は、補強部材挿入孔10の一般部12の右端部に設置された栓30aを取り外したうえで、当該一般部12の端面(拡幅部11の底面)に先端プレートヘッド42の後記する雌ネジ42aが配置されるように、補強部材挿入孔10の右側から挿入する。そして、せん断補強鉄筋41の先端を雌ネジ42aにねじ込むことによりせん断補強鉄筋41と先端プレートヘッド42とを固定させて、中間壁W'の内部にせん断補強部材40を形成する。
- [0093] そして、先端プレートヘッド42の右側の拡幅部11にできた空間11a及び基端プレートヘッド43の左側の拡幅部11にできた空間11aを、セメント系モルタルからなる充填材30をコテによりすり込むことで充填する。充填が完了したら、充填材30がその流動性により変形することがないように、型枠46を、拡幅部11を塞ぐように中間壁W'の表面に設置する。なお、型枠46は、充填材30が硬化した後、撤去する。この場合において、補強部材挿入孔10が第3実施形態のように横向きの場合は、充填材30が変形することがないため型枠46を設置する必要がない場合もある。また、補強部材挿入孔10が縦向きの場合、あるいは傾斜している場合は、下側となる拡幅部11にのみ型枠46を設置すればよい。なお、型枠46の材質、形状、設置方法は、拡幅部11からの充填材30の流出を抑止することができればよく、限定されるものではない。この補強部材挿入孔10の内部には予め充填材30が充填されているので、せん断補強部材40を挿入して充填材が硬化することで、せん断補強部材40が隙間なく補強部材挿入孔10内に固定されて、中間壁W'との一体化が可能となる。
- [0094] ここで、第3実施形態に係る先端プレートヘッド42は、図11(a)に示すように、厚さがせん断補強鉄筋41の鉄筋径の80%〜120%、幅寸法がせん断補強鉄筋41の鉄筋径の200%〜300%の四角形状をした鋼製プレートの中央に雌ネジ42aが形成されており、この雌ネジ42aにせん断補強鉄筋41の雄ネジ部材41aをねじ込むことが可能になっている。なお、先端プレートヘッド42の形状は四角形に限定されるものではなく、その他の多角形、円形、楕円形(小判型や円の側部を切り落としたような形状も含む)でもよい。また、先端プレートヘッド42のせん断補強鉄筋41との接合部の形状も限定されるものではなく、図11(c)に示す先端プレートヘッド42'のように、その内面にせん断補強鉄筋41の先端の形状に合わせて雌ネジが形成された筒状の部材4



2a'を固定する構成でもよい。この場合において、筒状の部材42a'としてはナットを用いることができる。

- [0095] また、せん断補強鉄筋41として、異形鉄筋の先端に雄ネジ部材41aを摩擦圧接Aにより接合したものをとするものとしたが、これに限定されるものではなく、例えば、図11(b)に示すように、せん断補強鉄筋41'として、異形鉄筋の先端部に雄ネジ41a'を加工したものを使用してもよく、あるいは、図11(c)に示すように、せん断補強鉄筋41"として、ネジ鉄筋を使用してもよい。
- [0096] また、充填材充填工程において、栓30aの代わりに、先端プレートヘッド42を一般部12の右端に配設して、該先端プレートヘッド42の周囲にシール材を介装することにより、一般部12の右端を遮蔽した後、充填材30を充填する構成としてもよい。これにより、せん断補強鉄筋挿入工程において、せん断補強鉄筋41を補強鉄筋挿入孔10に挿入し、先端プレートヘッド42にその先端を固定することにより、中間壁W'の内部にせん断補強部材40を配設することが可能となる。
- [0097] 本発明の補強方法によって補強されたRC構造体は、図12に示すように面外のせん断力Sが作用した時に発生する斜めひび割れcに対して、直接的にせん断補強部材40で補強してせん断耐力を向上させるものである。
- [0098] つまり、面外のせん断力Sが中間壁W'に作用すると斜めひび割れcが発生しようとするが、せん断補強部材40に引張力が働くために、両端部の先端プレートヘッド42や基端プレートヘッド43に引き抜き力 $f_t$ が作用する。このために、先端プレートヘッド42及び基端プレートヘッド43の内側にあるコンクリート(以下「内部コンクリート」という)には、その反力として内部コンクリートに支圧力が作用して、圧縮応力 $f_c$ の場が形成される。つまり、内部コンクリートは横拘束を受けて、斜め引張に対して、抵抗力を増大する結果となる。このために、端部にそれぞれ先端プレートヘッド42と基端プレートヘッド43の付いたせん断補強部材40により中間壁W'の面外せん断耐力が増大するとともに、内部コンクリートに圧縮応力 $f_c$ が発生する(圧縮応力場が形成される)ことによる靱性性能の増大も図られることになる。
- [0099] また、本実施の形態による補強を行った場合に、先端プレートヘッド42と基端プレートヘッド43が存在することから、定着部分が增大することになる。この定着効果を調

べるために、基端プレートヘッド43を有するせん断補強鉄筋41と、端部に半円形状のフックを形成したせん断補強鉄筋(以下「比較例」という)の引き抜き実験を行った結果の一例を、図13(a)及び図13(b)に示す。

[0100] 図13(a)は、異形鉄筋(D16)を用い、RC部材中に直径25mmの補強部材挿入孔を穿孔し、当該補強部材挿入孔に、厚さ9mm、直径35mmの円形状の基端プレートヘッドを有するせん断補強部材と比較例とを挿入して、充填材を充填させて硬化させた場合における、各せん断補強部材の引張応力と、抜け出し変位の関係を求めたものである。

図13(b)は、同様に異形鉄筋(D22)を用い、RC部材中に直径32mmの補強部材挿入孔を穿孔し、当該補強部材挿入孔に、厚さ16mm、直径が45mmの円形状の基端プレートヘッドを有するせん断補強部材と比較例とを挿入して、各せん断補強部材の引張応力と、抜け出し変位の関係を求めたものである。

[0101] この結果によれば、本発明に係る基端プレートヘッドを有するせん断補強鉄筋は、比較例と比べると抜け出し変位が小さく(引き抜き剛性が高く)、定着効果が格段に優れていることが実証されることになった。

[0102] <第4の実施の形態>

第4の実施の形態(以下、単に「第4実施形態」という場合がある)に係る補強方法は、(1)補強部材挿入孔穿孔工程と、(2)補強鉄筋挿入工程と、(3)せん断補強部材配置工程、(4)充填材充填工程と、の各工程を主要部として構成されている。

[0103] (1)補強部材挿入孔穿孔工程

本工程は、第3の実施の形態において説明した補強部材挿入孔穿孔工程と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0104] (2)せん断補強鉄筋挿入工程

本工程は、図14(a)に示すように、補強部材挿入孔穿孔工程において中間壁W'に貫通された補強部材挿入孔10にせん断補強鉄筋41と、せん断補強鉄筋41の基端部に設けられている、当該せん断補強鉄筋41より断面形状が大きい基端プレートヘッド43とを挿入する工程である。

[0105] せん断補強鉄筋41の補強部材挿入孔10への挿入は、補強部材挿入孔10の左側

の開口部から、その基端部に基端プレートヘッド43が固定されたせん断補強鉄筋41を、基端プレートヘッド43が左側の拡幅部11の先端部に当接するまで挿入することにより行う。

[0106] ここで、基端プレートヘッド43には、後記する充填材30の充填時の空気抜き孔43aが予め形成されている。なお、第4実施形態に係るせん断補強鉄筋41及び基端プレートヘッド43のその他の構成は、第3実施形態に示した構成と同様なため、詳細な説明は省略する。

[0107] (3) せん断補強部材配置工程

本工程は、図14(b)に示すように、補強部材挿入孔10の右側から、せん断補強鉄筋41より断面形状が大きい先端プレートヘッド42を挿入し、せん断補強鉄筋挿入工程において補強部材挿入孔10に挿入されたせん断補強鉄筋41の先端部に固定することで、中間壁W'の内部に、せん断補強部材40を配置する工程である。

[0108] 先端プレートヘッド42は、補強部材挿入孔10の一般部12の右端部(拡幅部の底面)に先端プレートヘッド42の雌ネジ42aが配置されるように、補強部材挿入孔10の右側から挿入する。そして、せん断補強鉄筋41の先端を雌ネジ42aにねじ込むことによりせん断補強鉄筋41と先端プレートヘッド42とを固定させて、中間壁W'の内部にせん断補強部材40を形成する。そして、先端プレートヘッド42及び基端プレートヘッド43の周囲には、シール材44を介装し後記する充填材充填工程において、充填材30を注入した際に充填材30が漏洩することを防止する。

[0109] ここで、第4実施形態に係る先端プレートヘッド42には、後記する充填材30の充填時の注入孔42bが予め形成されている。また、先端プレートヘッド42のその他の構成は、第3実施形態に示した構成と同様なため、詳細な説明は省略する。

[0110] (4) 充填材充填工程

本工程は、図14(c)及び(d)に示すように、せん断補強部材40が設置された補強部材挿入孔10に充填材30を充填する工程である。

[0111] まず、図14(c)に示すように、ビニールチューブ等からなる注入管31を先端プレートヘッド42の注入孔42bに挿入して、補強部材挿入孔10の一般部12まで貫通させる。また、基端プレートヘッド43の空気抜き孔43aには、ビニールチューブ等から

なる空気抜き管32が補強部材挿入孔10の一般部12まで貫通させる。

そして、注入管31から公知の注入装置を利用して充填材30を一般部12に注入（充填）する。なお、充填材30の注入は、空気抜き管32から充填材30が排出されるまで行うものとし、一般部12とせん断補強鉄筋41との隙間を完全に充填する。また、一般部12の両端には、その周囲がシール材44により介装された先端プレートヘッド42及び基端プレートヘッド43により遮蔽されているため、充填材30が漏洩することがない。

[0112] 一般部12への充填材30の充填が完了したら、先端プレートヘッド42の右側の拡幅部11にできた空間11a及び基端プレートヘッド43の左側の拡幅部11にできた空間11aを、セメント系モルタルからなる充填材30をコテによりすり込むことで充填する。なお、空間11aへの充填材30の充填方法は、第3実施形態で示した方法と同様のため、詳細な説明は省略する。

[0113] これにより、充填材30が硬化することで、せん断補強部材40が隙間なく補強部材挿入孔10内に固定されて、中間壁W'との一体化が可能となり、せん断力補強構造4が完成する。

また、第4実施形態によるせん断補強のメカニズム及び定着効果は、第3実施形態で記載した内容と同様のため詳細な説明は省略する。

[0114] <第5の実施の形態>

第5の実施の形態（以下、単に「第5実施形態」という場合がある）に係る補強方法は、(1)補強部材挿入孔穿孔工程と、(2)補強鉄筋挿入工程と、(3)充填材充填工程と、(4)せん断補強部材配置工程、の各工程を主要部として構成されている。

[0115] (1)補強部材挿入孔穿孔工程

本工程は、第3の実施の形態において説明した補強部材挿入孔穿孔工程と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0116] (2)せん断補強鉄筋挿入工程

本工程は、図15(a)に示すように、補強部材挿入孔穿孔工程において中間壁W'に貫通された補強部材挿入孔10にせん断補強鉄筋41と、せん断補強鉄筋41の基端部に設けられている、当該せん断補強鉄筋41より断面形状が大きい基端プレート

ヘッド43とを挿入する工程である。

[0117] セン断補強鉄筋41の補強部材挿入孔10への挿入は、補強部材挿入孔10の左側の開口部から、その基端部に基端プレートヘッド43が固定されたセン断補強鉄筋41を、基端プレートヘッド43が左側の拡幅部11の底面(一般部の左端部)に当接するまで挿入することにより行う。そして、基端プレートヘッド43の周囲には、シール材44を介装し後記する充填材充填工程において、充填材30を注入した際に充填材30が漏洩することを防止する。

[0118] ここで、第5実施形態に係るセン断補強鉄筋41及び基端プレートヘッド43のその他の構成は、第3実施形態に示した構成と同様なため、詳細な説明は省略する。

[0119] (3) 充填材充填工程

本工程は、図15(b)に示すように、セン断補強鉄筋41が設置された補強部材挿入孔10の一般部12に充填材30を充填する工程である。

[0120] まず、図15(b)に示すように、ビニールチューブ等からなる注入管31を一般部12の右側開口部から、その先端が左側の基端プレートヘッド43付近に配置されるように挿入する。そして、注入管31から公知の注入装置を利用して充填材30を一般部12左側から注入する。ここで、注入管31は、一般部12に充填が完了するまで、その先端が常に注入された充填材30の内部に配置されつつ、充填材30の充填とともに徐々に右側に引き抜かれていく。なお、一般部12の左端は、その周囲がシール材44により介装された基端プレートヘッド43により遮蔽されているため、充填材30が漏洩することがない。

[0121] (4) セン断補強部材配置工程

本工程は、図15(c)及び(d)に示すように、補強部材挿入孔10の右側から、セン断補強鉄筋41より断面形状が大きい先端プレートヘッド42を挿入し、セン断補強鉄筋挿入工程において補強部材挿入孔10に挿入されたセン断補強鉄筋41の先端部に固定した後、拡幅部11内の空間11aに、充填材30を充填することで、中間壁W'の内部に、セン断補強部材40を配置する工程である。

[0122] なお、本工程は、第3実施形態におけるセン断補強部材配置工程と同様なため、詳細な説明は省略する。

また、第5実施形態に係る先端プレートヘッド42の構成は、第3実施形態に示した構成と同様なため、詳細な説明は省略する。

- [0123] これにより、充填材30が硬化することで、せん断補強部材40が隙間なく補強部材挿入孔10内に固定されて、中間壁W'との一体化が可能となり、せん断力補強構造5が完成する。

また、第5実施形態によるせん断補強のメカニズム及び定着効果は、第3実施形態で記載した内容と同様なため詳細な説明は省略する。

- [0124] <第6の実施の形態>

第6の実施の形態(以下、単に「第6実施形態」という場合がある)に係るせん断力補強構造6は、図16(a)に示すように、既設の鉄筋コンクリート造の側壁Wと、この側壁Wの内面側から主筋と交差する方向に形成された有底の補強部材挿入孔10の内部に配設されるせん断補強部材20と、前記補強部材挿入孔10に充填される充填材30とから構成されている。

- [0125] せん断補強部材20は、線材であるせん断補強鉄筋21と、このせん断補強鉄筋21の先端部に形成された先端突起(先端定着部材)22と、せん断補強鉄筋21の基端部に固定されたプレートヘッド(基端定着部材)23とから構成されている。

- [0126] また、補強部材挿入孔10は、せん断補強鉄筋21の鉄筋径及び先端突起22の外径よりも大きく、且つプレートヘッド23の幅よりも小さい内径の一般部12と、補強部材挿入孔10の基端部に形成されて、プレートヘッド23の幅よりも大きい内径の基端拡幅部11と、補強部材挿入孔10の先端に形成されて、一般部12の内径よりも大きい内径の先端拡幅部13とから構成されている。ここで、本明細書において、定着部材の「幅」は、定着部材の形状が矩形、多角形であれば対角線長、円形であれば直径、楕円形であれば長辺長に統一するものとする。

そして、基端拡幅部11のプレートヘッド23より内面側の空間は、充填材30により充填されている。

- [0127] 以下、第6実施形態に係るせん断力補強構造6の細部について説明する。

- [0128] 補強部材挿入孔10は、側壁Wの内面側から外面側に向けて、せん断補強部材20を設置するために穿孔されたものであり、図17に示すように、既設RC構造体の施工

時の配筋図や非破壊試験の情報をもとに、穿孔時に主筋R1及び配力鉄筋R2に損傷を与えることの無いように、横間隔は主筋R1と、縦間隔は配力鉄筋R2と同間隔で両鉄筋の中央に配置されている。なお、補強部材挿入孔10の穿孔方法は、第1実施形態に示した方法と同様なため、詳細な説明は省略する。また、補強部材挿入孔10は、やや下向きの傾斜を有して穿孔されており、外面側に所定寸法の被りコンクリート厚さを差し引いた長さ寸法に設けるとともに、一般部12の孔径は、図18に示すせん断補強部材20の先端部に形成されている先端突起22の外径に若干の余裕を見込んだ値に形成されている。

[0129] また、補強部材挿入孔10の基端部には、せん断補強部材20の基端部(末端部)に取り付けられているプレートヘッド23の周縁部が掛止されるように、前記穿孔手段を用いて削孔径の拡幅を行うことにより、基端拡幅部11が形成されている。なお、この基端拡幅部11の削孔深さはプレートヘッド23の厚みに被りコンクリート厚さを加算した値となっていて、第6実施形態では内面側の主筋R1の位置まで穿孔されている。

[0130] さらに、補強部材挿入孔10の先端部には、前記穿孔手段の先端に図示しない拡底用ビットをつけて先端部の拡幅を行うことにより、先端拡幅部13が形成されている。なお、第6実施形態では、先端拡幅部13の底部は、外面側の主筋R1の位置の深さまで行われており、所定寸法の被りコンクリート厚さが確保されている。

[0131] せん断補強部材20は、図16(a)及び図18に示すように、異形鉄筋からなるせん断補強鉄筋21と、前記せん断補強鉄筋21の先端部及び基端部に形成されている、当該せん断補強鉄筋21より断面形状が大きい先端突起22及びプレートヘッド23と、から構成されている。ここで、せん断補強鉄筋(線材)21として異形鉄筋を使用するものとしたが、線材21は、異形鉄筋に限定されるものではなく、線状の補強材料としての機能を発揮するものであれば、例えばネジ鉄筋、鋼棒、PC鋼より線、炭素線材等を使用してもよい。

[0132] 第6実施形態に係る先端突起22は、せん断補強鉄筋21の先端を熱した状態で軸方向にプレスあるいは打撃することで、図18に示すように、せん断補強鉄筋21の鉄筋径よりも大きな径に形成されたものである。

[0133] なお、先端突起22は、前記のものに限定されるものではなく、図4に示す第1実施

形態のリングヘッド22の変形例と同様の方法により、適宜適切な方法により所定の形状(幅寸法がせん断補強鉄筋の直径の130%~200%)に形成してもよい。

なお、先端突起22の形成方法は限定されるものではなく、摩擦圧接接合、ガス圧接接合、アーク溶接接合等、その一体化が可能であればよい。

- [0134] プレートヘッド23は、図18に示すように、厚さがせん断補強鉄筋21の直径の40%~80%、幅がせん断補強鉄筋21の直径の130%~300%の四角形状の鋼製プレートをせん断補強鉄筋21の基端部に一体に固定されてなる。プレートヘッド23のせん断補強鉄筋21への固定は、摩擦圧接機械を用いて、固定したせん断補強鉄筋21に回転させた鋼製プレートを押し付けることにより、回転する鋼製プレートに所定の圧力で摩擦熱を発生させて、鋼製プレートをせん断補強鉄筋21に溶着(摩擦圧接A)させることにより簡易に行うことができる。

なお、プレートヘッド23とせん断補強鉄筋21との接合方法は、摩擦圧接Aに限定されるものではなく、ガス圧接接合、アーク溶接接合等、その一体化が可能であればよい。また、プレートヘッド23の形状は、四角形に限定されるものではなく、円形、楕円形、多角形等でもよい。

- [0135] ここで、せん断補強部材20の構成は、前記の構成に限定されるものではなく、例えば、図16(b)に示すせん断力補強構造6'のように、せん断補強鉄筋21の基端部にも先端部に形成された先端突起22と同様に基端突起23'を形成する構成としてもよい。

また、側壁Wに加わるせん断力に対して、十分な引き抜き力を発現することが可能であれば、図16(c)に示すせん断力補強構造6''のように、先端部及び基端部のいずれにも定着部材を形成しないせん断補強鉄筋21を配置する構成としてもよい。

- [0136] 充填材30には、セメントと最大粒径が2.5mm以下の骨材と粒子径0.01~0.5  $\mu$ mの活性度の高いポゾラン系反応粒子であるシリカヒュームと粒子径0.1~15  $\mu$ mの活性度の低いポゾラン反応粒子である高炉スラグあるいはフライアッシュと、少なくとも1種類の分散材と水とを混合して得られるセメント系マトリックスに、直径が0.05mm~0.3mmで長さが8mm~16mmの繊維を、セメント系マトリックスの容積に対して1%~4%程度混入してなる繊維補強セメント系混合材料(以下「高強度繊維充填



材30」と称する)が使用されており、圧縮強度が $200\text{N}/\text{mm}^2$ 、曲げ引張強度が $40\text{N}/\text{mm}^2$ 、異形鉄筋に対する付着強度が $60\sim 80\text{N}/\text{mm}^2$ となり、剛性の高い定着効果が実現されている。

[0137] 本発明のせん断力補強構造6は、図19に示すように面外のせん断力Sが作用した時に発生する斜めひび割れcに対して、直接的にせん断補強部材20で補強してせん断耐力を向上させるものである。

つまり、面外のせん断力Sが側壁Wに作用すると斜めひび割れcが発生しようとするが、せん断補強部材20に引張力が働くために、両端部の先端突起22やプレートヘッド23に引き抜き力 $f_t$ が作用する。先端突起22とプレートヘッド23は、先端拡幅部13及び基端拡幅部11に充填された超高強度の高強度繊維充填材30により、先端拡幅部13及び基端拡幅部11と一体となり、引き抜き力 $f_t$ にたいして十分な拘束効果を果たす。このために、先端突起22及びプレートヘッド23の内側にあるコンクリート(以下「内部コンクリート」という)には、その反力として内部コンクリートに支圧力が作用して、圧縮応力 $f_c$ の場が形成される。つまり、内部コンクリートは横拘束を受けて、斜め引張に対して、抵抗力を増大する結果となる。このために、端部にそれぞれ先端突起22とプレートヘッド23の付いたせん断補強部材20と先端拡幅部13及び基端拡幅部11により側壁Wの面外せん断耐力が増大するとともに、内部コンクリートに圧縮応力 $f_c$ が発生する(圧縮応力場が形成される)ことによる靱性性能の増大も図られることになる。

[0138] 第6実施形態に係るせん断力補強構造6による補強を行った場合に、補強部材挿入孔10に先端拡幅部13と基端拡幅部11が存在することから、せん断補強部材20の定着効果が増大することになる。この定着効果を調べるために、拡幅部を端部に有する補強部材挿入孔10によりせん断補強部材20の引き抜き実験を行った結果と、端部に拡幅部を有していない補強部材挿入孔10によりせん断補強部材20の引き抜き実験(以下「比較例」という)を行った結果を、それぞれ図20(a)及び図20(b)に示す。

[0139] 図20(a)では、拡幅部を有した補強部材挿入孔10に、それぞれ、高強度繊維充填材30を50mm(C-50)、80mm(C-80)、110mm(C-110)の深さで充填して、せ

せん断補強部材20を挿入した試験体について引き抜き実験を行ったグラフであり、縦軸に引張荷重、横軸に引き抜け変位が示されている。また、図20(b)では、拡幅部を有していない補強部材挿入孔10に、それぞれ、高強度繊維充填材30を50mm(B-50)、100mm(B-100)、150mm(B-150)の深さで充填して、せん断補強部材20を挿入した試験体について引き抜き実験を行ったグラフであり、縦軸に引張荷重、横軸に引き抜け変位が示されている。

[0140] 両者の結果を比較すると、充填材30の深さが同じ50mmの場合でも、拡幅部を設けたほうが優れた定着効果が得られることが示されている。また、拡幅部を有した構成であれば、充填材30の深さを80mmとすれば、比較例の充填材30の深さが150mmの場合と略同様の定着効果を得ることが可能となり、その定着効果が大きいことが示されている。したがって、補強部材挿入孔の端部に拡幅部を設けることにより、せん断補強部材と拡幅部とが一体となって、引張力に抵抗することが実証され、壁厚が薄い場合でも、優れた定着効果を得ることが可能なため、面材又は版材の面外せん断耐力が増大するとともに、内部コンクリートに圧縮応力が発生することによる靱性性能の増大も図られるため好適である。

[0141] ここで、第6実施形態に係るせん断力補強構造6の構築は、補強部材挿入孔10を側壁Wに穿孔した後、一般部12及び先端拡幅部13への充填材30の充填を行い、補強部材挿入孔10にせん断補強部材20を挿入して、基端拡幅部11に充填材30を充填することにより行う。なお、一般部12及び先端拡幅部13への充填材30の充填と、補強部材挿入孔10へのせん断補強部材20の挿入の順序は限定されるものではなく、せん断補強部材20を補強部材挿入孔10に挿入した後、充填材30を充填する構成としてもよい。この場合において、充填材30の一般部12及び先端拡幅部13への充填は、プレートヘッド23に注入孔を形成し、この注入孔から注入することにより行えばよい。

[0142] 次に、第7～第8の実施の形態について説明する。

[0143] <第7の実施の形態>

第7実施形態に係るせん断力補強構造7は、図21に示すように、既設の鉄筋コンクリート造のボックスカルバートBと、このボックスカルバートBにおいて、地震力により塑

性ヒンジが発生すると想定される位置(図24参照)及びその近傍の領域である第一領域Iに形成された第一補強部材挿入孔10'の内部に配設される第一せん断補強部材20'と、その他の領域である第二領域IIに形成された第二補強部材挿入孔15の内部に配設される第二せん断補強部材25と、第一補強部材挿入孔10'及び第二補強部材挿入孔15に充填される充填材30とから構成されている。以下、「第一補強部材挿入孔10'」と「第二補強部材挿入孔15」とを区別しない場合は、これらを「補強部材挿入孔10」という場合がある。また、「第一せん断補強部材20'」と「第二せん断補強部材25」とを区別しない場合は、これらを「せん断補強部材20」という場合がある。

[0144] 第一せん断補強部材20'は、図22に示すように、異形鉄筋からなる第一せん断補強鉄筋(第一線材)21'と、この第一せん断補強鉄筋21'の先端部に形成されて、当該第一せん断補強鉄筋21'よりその断面形状が大きい突起部24と、第一せん断補強鉄筋21'の基端部に形成されて、突起部24よりも断面形状が大きいプレートヘッド(第一基端定着部材)23とから構成されている。そして、第一せん断補強部材20'の全長は、第一補強部材挿入孔10'の深さよりも短く、第一補強部材挿入孔10'に配置した状態で、完全に埋設される(図21又は図22(a)参照)。

[0145] プレートヘッド23は、図22に示すように、厚さが第一せん断補強鉄筋21'の直径の40%〜80%、幅が第一せん断補強鉄筋21'の鉄筋径の10倍〜15倍程度の四角形状の鋼製プレートからなり、第一せん断補強鉄筋21'の基端部に一体に固定されている。プレートヘッド23の第一せん断補強鉄筋21'への固定は、摩擦圧接機械を用いて、固定した第一せん断補強鉄筋21'に回転させた鋼製プレートを押し付けることにより、回転する鋼製プレートに所定の圧力で摩擦熱を発生させて、鋼製プレートを第一せん断補強鉄筋21'に溶着(摩擦圧接A)させることにより簡易に行うことができる。

ここで、プレートヘッド23と第一せん断補強鉄筋21'との接合方法は、摩擦圧接Aに限定されるものではなく、ガス圧接接合、アーク溶接接合等、その一体化が可能であればよい。また、プレートヘッド23の形状は、四角形に限定されるものではなく、円形、楕円形、多角形等でもよい。

- [0146] また、突起部24は、第一せん断補強鉄筋21'の先端を熱した状態で軸方向に打撃あるいはプレスすることで、図22(b)に示すように、第一せん断補強鉄筋21'の鉄筋径の120%〜130%の幅に形成されたものである。ここで、本明細書において、プレートヘッド23や突起部24等の定着部材の「幅」は、定着部材の形状が矩形、多角形であれば対角線長、円形であれば直径、楕円形であれば長辺長に統一するものとする。
- [0147] 第二せん断補強部材25は、図23に示すように、異形鉄筋からなる第二せん断補強鉄筋(第二線材)26と、この第二せん断補強鉄筋26の基端部に形成されて当該第二せん断補強鉄筋26より断面形状が大きい突起部(第二基端定着部材)27と、同様に第二せん断補強鉄筋26の先端部に形成されて当該第二せん断補強鉄筋26より断面形状が大きい突起部28とから構成されている。そして、第二せん断補強部材25の全長は、第二補強部材挿入孔15の深さよりも短く、第二補強部材挿入孔15に配置した状態で、第二補強部材挿入孔15の内部に完全に埋設される(図21又は図23(a)参照)。
- [0148] 第二せん断補強部材25の基端部及び先端部に形成される突起部27, 28は、第一せん断補強部材20'の先端部に形成された突起部24と同様の方法により、第二せん断補強鉄筋26の鉄筋径の120%〜130%の幅に形成されている。
- ここで、各せん断補強部材20に係る第一せん断補強鉄筋21'及び第二せん断補強鉄筋26(以下、「第一せん断補強鉄筋21'」と「第二せん断補強鉄筋26」とを区別しない場合は、単に「せん断補強鉄筋21', 26」という場合がある)は、異形鉄筋に限定されるものではなく、線状の補強材料としての機能を発揮するものであれば、例えばネジ鉄筋、鋼棒、PC鋼より線、炭素線材等を使用してもよい。
- [0149] また、第一せん断補強部材20'の先端に形成された突起部24は、前記のものに限定されるものではなく、図4に示す第1実施形態のリングヘッド22の変形例と同様の方法により、適宜適切な方法により所定の形状(幅がせん断補強鉄筋21'の直径の120%〜130%)に形成してもよい。
- なお、突起部24の形成方法は限定されるものではなく、摩擦圧接接合、ガス圧接接合、アーク溶接接合等、その形成が可能であればよい。

- [0150] なお、プレートヘッド23と突起部24の組み合わせは、補強を行う側壁Wの配筋状態、コンクリート強度、壁厚などの要因にあわせて自由に選択することができる。また、第二せん断補強部材25の基端部に形成された突起部27及び先端部に形成された突起部28は、第一せん断補強部材20'の突起部24と同様に、前記の各種方法により形成してもよい。
- [0151] 補強部材挿入孔10は、図21に示すように、せん断補強部材20を設置するために、ボックスカルバートBの内面側から外面側に向けて、穿孔されたものである。第7実施形態では、上下の第一領域Iにそれぞれ2箇所ずつ形成された、第一補強部材挿入孔10'と、第二領域IIに3箇所形成された、第二補強部材挿入孔15との合計7箇所において形成されている。
- [0152] 第一補強部材挿入孔10'は、図22(a)に示すように、第一せん断補強鉄筋21'の鉄筋径の120%〜130%で突起部24の幅よりも大きい内径からなる第一一般部12'と、第一補強部材挿入孔10'の基端部に形成されて、プレートヘッド23の幅よりも大きい内径を有する第一基端拡幅部11'と、第一補強部材挿入孔10'の先端部に形成されて、第一一般部12'の内径よりも大きい内径を有する第一先端拡幅部13'とから構成されている。
- [0153] また、第二補強部材挿入孔15は、図23(a)に示すように、第二せん断補強鉄筋26の鉄筋径の120%〜130%で突起部28の幅よりも大きい内径からなる第二一般部16と、第二補強部材挿入孔15の基端部に形成されて、第二一般部16の幅よりも大きい内径を有する第二基端拡幅部17と、第二補強部材挿入孔15の先端部に形成されて、第二一般部16の内径よりも大きい内径を有する第二先端拡幅部18とから構成されている。
- [0154] ここで、第7実施形態では、図21に示すように、第一一般部12'と第二一般部16及び第一先端拡幅部13'と第二先端拡幅部18の形状が同一の形状に形成されている。
- [0155] なお、補強部材挿入孔10の穿孔方法は、第1実施形態で示した方法と同様なため、詳細な説明は省略する。また、補強部材挿入孔10の孔径は、図22及び図23に示すせん断補強部材20の先端部に取り付けられている突起部24の外径に若干の余

裕を見込んだ値に形成されている。

[0156] また、第一基端拡幅部11'及び第二基端拡幅部17は、前記穿孔手段を用いて削孔径の拡径を行うことにより形成されている。なお、この第一基端拡幅部11'の削孔深さはプレートヘッド23の厚みに余裕を見込んだ値となっていて、第7実施形態では第一せん断補強部材20'が設置された状態で、プレートヘッド23が完全に埋設される位置まで穿孔されている。また、第7実施形態では、第二基端拡幅部17の削孔深さが、第一基端拡幅部11'の削孔深さと同様の深さに形成されているが、第二基端拡幅部17の深さを、第二せん断補強鉄筋26の基端部に形成された突起部27の厚みに被りコンクリート厚さを加算した値として、第二せん断補強部材25を第二補強部材挿入孔15に配置した状態で、突起部27が主筋R1と同等の被りコンクリート厚を確保すれば、地震等により主筋R1よりも外側のコンクリートが剥離した場合でも、優れたせん断補強機能を維持できるため好適である。

[0157] さらに、第一先端拡幅部13'及び第二先端拡幅部18は、前記穿孔手段の先端に拡径用ビットをつけて先端部の拡径を行うことにより形成されている。なお、本実施形態では、第一先端拡幅部13'及び第二先端拡幅部18の底部は、外面側の主筋の位置の深さまで行われており、所定寸法の被りコンクリート厚さが確保されている。

[0158] 充填材30は、補強部材挿入孔10とせん断補強部材20との間に形成された隙間に充填されている。また、図22(a)に示すように、プレートヘッド23の内面側に形成された第一基端拡幅部11'の空間には、コテなどにより、ボックスカルバートBの表面に凸凹が生じないように充填する。

[0159] 充填材30には、セメントと最大粒径が2.5mm以下の骨材と粒子径0.01〜0.5 $\mu$ mの活性度の高いポゾラン系反応粒子であるシリカヒュームと粒子径0.1〜15 $\mu$ mの活性度の低いポゾラン反応粒子である高炉スラグあるいはフライアッシュと、少なくとも1種類の分散材と水とを混合して得られるセメント系マトリックスに、直径が0.05mm〜0.3mmで長さが8mm〜16mmの繊維を、セメント系マトリックスの容積に対して1%〜4%程度混入してなる繊維補強セメント系混合材料(以下「高強度繊維充填材」と称する)が使用されており、圧縮強度が200N/mm<sup>2</sup>、曲げ引張強度が40N/mm<sup>2</sup>、異形鉄筋に対する付着強度が60〜80N/mm<sup>2</sup>となり、剛性の高い定着効果

が実現されている。また、充填材30は、可塑性があり、上向きに充填しても流れ落ちることのない性質を有している。

[0160] 第7実施形態では、図22(a)及び図23(a)に示すように、充填材30により補強部材挿入孔10が外部と遮断されるように充填する。

[0161] 第7実施形態に係るせん断力補強構造7の構築は、補強部材挿入孔10の穿孔、補強部材挿入孔10への充填材30の充填、せん断補強部材20の補強部材挿入孔10への設置、の順序により行う。

[0162] 補強部材挿入孔10の穿孔は、前記の穿孔手段により、それぞれ、所定の位置に所定の形状が形成されるように行う。そして、穿孔後、孔内に穿孔のために生じたコンクリート粉を除去する。

[0163] 次に、圧入機械等により、補強部材挿入孔10への充填材30の充填を行う。この際、第一補強部材挿入孔10'への充填材30の充填は、第一一般部12'及び第一先端拡幅部13'にのみ行う。

[0164] そして、充填材30が充填された補強部材挿入孔10に、せん断補強部材20を挿入する。なお、第一補強部材挿入孔10'では、第一せん断補強部材20'の挿入後、第一基端拡幅部11'のプレートヘッド23の内面側の空間にコテなどを用いて、第一基端拡幅部11'内に空間が生じることがなく、また、ボックスカルバートBの内面に凹凸ができることがないように、充填材を充填する。また、第二補強部材挿入孔15に関しても、ボックスカルバートBの内面に凹凸が生じることがないように、充填材を充填してその表面を整える。

[0165] なお、せん断力補強構造7の構築において、補強部材挿入孔10への充填材の充填と、補強部材挿入孔10へのせん断補強部材20の挿入の順序は限定されるものではなく、せん断補強部材20を補強部材挿入孔10に挿入した後、充填材30を充填する構成としてもよい。この場合において、充填材30の第一一般部12'及び第一先端拡幅部13'への充填は、プレートヘッド23に注入孔を形成し、この注入孔から注入することにより行えばよい。

[0166] 次に、第7実施形態のせん断力補強構造7による面外せん断耐力の補強効果及び曲げ靱性性能の向上効果について説明する。

[0167] 図24(a)に示す地中に埋設されたボックスカルバートBの周辺に、大きな地震力Pが生じた場合、図24(b)に示すように、周辺地盤の地盤変形分布Dのような変形に伴い、ボックスカルバートBにも変形が生じる。このため、ラーメン構造であるボックスカルバートBには、図24(c)に示すような曲げモーメントMが働き、隅角部に曲げモーメントMが集中するため、この隅角部付近の塑性ヒンジPHに損傷が集中する。

[0168] せん断力補強構造7によれば、地震時において曲げモーメントMが大きくなる塑性ヒンジPH近傍に配設された第一せん断補強部材20'の基端部には、大きなプレート部材からなるプレートヘッド23が形成されているため、地震力Pにより側壁の内側の鉄筋が引張降伏して被りコンクリートが剥落しようとしても、プレートヘッド23がコンクリートを拘束するとともに、コンクリートに圧縮応力場を作ることができるため、せん断耐力の向上と靱性性能の向上を図ることができる。したがって塑性ヒンジPHの位置を必然的に隅角部から中央部に移動することになり、ボックスカルバートBとして崩壊に対する抵抗性能を増大することになる。隅角部の外側の主筋と被りコンクリートについては、第一先端拡幅部13'の充填材30によりプレートヘッド23と同様の効果を示すが、ボックスカルバートBの内面側に比較すると外面側は地盤Gがあるので地盤Gの土圧による被りコンクリートの剥落を防止することができる。

このため、曲げモーメントMにより主筋が降伏した後も、高い靱性性能を示し、地盤の変形に対応するため、損傷被害を小さくすることを可能としている。

[0169] <第8の実施の形態>

[0170] 第8実施形態に係るせん断力補強構造7'は、図25に示すように、既設の鉄筋コンクリート造のボックスカルバートBと、このボックスカルバートBにおいて、地震力により塑性ヒンジが発生すると想定される位置(図24参照)及びその近傍の領域である第一領域Iに形成された第一補強部材挿入孔10'の内部に配設される第一せん断補強部材20'と、その他の領域である第二領域IIに形成された第二補強部材挿入孔15の内部に配設される第二せん断補強部材25と、第一補強部材挿入孔10'及び第二補強部材挿入孔15に充填される充填材30と、第一せん断補強部材20'のプレートヘッド23の表面とボックスカルバートBの表面とに一体に接着された繊維シート31から構成されている(図26参照)。



- [0171] 補強部材挿入孔10は、図25に示すように、ボックスカルバートBの内面側から外面側に向けて、補強部材20を設置するために穿孔されたものであり、第8実施形態では、上側の第一領域Iaの側壁部に2箇所と、下側の第一領域Ibの側壁部の2箇所とハンチ部の1箇所と、第二領域IIの3箇所の計8箇所が形成されている。なお、第8実施形態に係る補強部材挿入孔10のその他の構成や形成方法等は、第7実施形態に示した内容と同様のため、詳細な説明は省略する。
- [0172] せん断補強部材20は、図25に示すように、ボックスカルバートBの上側の隅角部付近の第一領域Iaに形成された2箇所と、下側の隅角部付近の第一領域Ibの側壁に形成された2箇所とハンチ部に形成された1箇所との計5箇所の第一補強部材挿入孔10'に配置される第一せん断補強部材20'と、ボックスカルバートBの側壁の中央付近の第二領域IIに形成された3箇所の第二補強部材挿入孔15に挿入される第二せん断補強部材25とを有している。
- [0173] 第一せん断補強部材20'は、第一補強部材挿入孔10'の深さと、略同じ長さを有しており、第一補強部材挿入孔10'に配置した状態で、プレートヘッド23の第一せん断補強鉄筋21'との接合面と反対側の表面が、ボックスカルバートBの内面と一致するように形成されている。
- [0174] なお、第一せん断補強部材20'のその他の詳細な構成等は、第7実施形態に示した内容と同様のため、詳細な説明は省略する。また、第二せん断補強部材25の構成等は、第7実施形態に示した内容と同様のため、詳細な説明は省略する。また、充填材30は、第7実施形態で使用した充填材30と同様のものを使用する。
- [0175] 図25に示すように、ボックスカルバートBの下側の第一領域Ibの3本の第一せん断補強部材20'のプレートヘッド23、23、…と、ボックスカルバートBの内面とは、繊維シート31が接着されており、一体化がなされている。なお、繊維シート31の材質は、炭素繊維シート、アラミド繊維シート等の高強度繊維シートであれば、限定されるものではない。
- [0176] 第8実施形態に係るせん断力補強構造7'の構築は、第7実施形態で示したせん断力補強構造7の構築方法と同様に補強部材挿入孔10の穿孔、充填材30の充填、せん断補強部材20の配置を行った後、下側の第一領域Ibに配設された第一せん断補

強部材20'のプレートヘッド23, 23, …の表面と、ボックスカルバートBの内面とに繊維シート31を接着して、一体化することにより行う。

- [0177] 次に、第8実施形態のせん断力補強構造7'による面外せん断耐力の補強効果及び曲げ靱性性能の向上効果について説明する。
- [0178] せん断力補強構造7'によれば、図24(c)に示す塑性ヒンジPHの損傷に対して、第7実施形態に示したせん断力補強構造7の効果に加えて、さらに靱性性能の向上を図ることを可能としている。つまり、第一せん断補強部材20'のプレートヘッド23に直接繊維シート31が接着されているので、繊維シート31が面外に剥離することはない、プレートヘッド23と相互に内部コンクリートの拘束効果を期待できる。
- [0179] 以上のように、本発明に係るせん断力補強構造は、既設のRC造面版材のコンクリート厚さを増加させることなく、直接的にせん断補強部材がRC造面版材内部に埋設されているため、せん断耐力と靱性性能の増大を効率的に実現できることから、従来の鉄筋コンクリート増厚工法等のように、補強後に内空断面が減少してしまうといった不都合が生じることを防止することができる。加えて、主筋を増加させることがないことから、曲げ耐力を増加させることなく、面外せん断耐力を向上させることができるので、せん断先行破壊型の可能性があるRC構造体を曲げ先行破壊型に移行することができる。
- [0180] また、第1実施形態に係るせん断補強部材20におけるせん断補強鉄筋21の先端部に設けられたリングヘッド22による削孔径の増大は、せん断補強鉄筋21の鉄筋径に比較して30%〜50%程度のみであるため、補強部材挿入孔10の施工が容易であるばかりか、経済的に補強が実行できる。また、所定の引抜き剛性を確保した上で、補強部材挿入孔10の施工及び定着材の加工を効率的に行うことができる。
- [0181] また、せん断補強鉄筋の基端部に設けられている基端定着部材及び先端部に設けられている先端定着部材は、十分な定着効果が得られるとともに、面外せん断力が発生するとせん断補強鉄筋21に引張力が作用するために、基端定着部材又は先端定着部材及び基端定着部材に支圧力が働き、内部コンクリートには圧縮応力場が形成されるため、せん断に対して内部コンクリート自身のせん断抵抗力が増大して効果的なせん断補強となる。

さらに、補強部材挿入孔10は、充填材30により外部と遮断されるので、補強後の耐久性の観点で劣化の抑制を期待できる。

[0182] また、第2実施形態によるせん断力補強構造は、補強部材挿入孔10の削孔径がせん断補強鉄筋21'の鉄筋径の120%〜130%程度に形成されているため、作業効率がよく、さらに、充填材30が充填された補強部材挿入孔10にせん断補強部材20'を挿入して、プレートヘッド23の内面側の空間に充填材30を充填するのみで側壁Wとの一体化が完了するため、せん断補強部材20を挿入後に充填材30を充填する方法に比べて施工性に優れている。しかし、先端部が尖鋭部25となっているために、先端部付近における定着効果を、あまり期待できない。

[0183] また、第3実施形態〜第5実施形態に係るせん断力補強方法によれば、RC造面版材の面外せん断補強を、直接的にせん断補強鉄筋とせん断補強鉄筋の両端部に設けられた各プレートヘッドをRC造面版材の内部に形成することにより、せん断耐力と靱性性能の増大を効率的に実現できる。

[0184] また、第3実施形態〜第5実施形態に係るせん断力補強方法によれば、補強部材挿入孔10の一般部の削孔径がせん断補強鉄筋41, 41'の鉄筋径の120%〜130%程度でよく、作業効率がよく、施工性に優れている。

またせん断補強鉄筋の先端に固定する先端プレートヘッドは、容易に取り付けることができるが、固定度は高く、せん断補強鉄筋の定着の効果を十分に発揮することができる。

[0185] また、第3実施形態に係るせん断力補強方法は、可塑性のセメント系モルタルを充填した後に、せん断補強部材を配置して、せん断補強部材の両端に固定された各プレートヘッドの外側の空間に充填材をコテですりこむだけで施工が完了するため、従来の増厚工法や鋼板巻き立て工法に比較すると、施工期間の短縮が可能となり、経済的にも優れている。

[0186] また、せん断補強部材を挿入するための削孔径は、先端定着部材またはせん断補強鉄筋の外径より若干大きければよく、削孔径が小さいため、急速施工が可能であり、作業効率がよい。

[0187] また、第6実施形態に係る高強度繊維充填材は、せん断補強部材と一体となり、補

強部材挿入孔の両端の拡幅部において剛性の高い定着効果を実現する。そのため、補強部材挿入孔の両端の拡幅部とせん断補強部材との固定度が高く、せん断補強部材の定着の効果を十分に発揮できる。

[0188] また、補強部材挿入孔は、充填材により外部と遮断されるので、補強後の耐久性の観点で劣化の抑制を期待できる。

[0189] また、第7実施形態及び第8実施形態に係るせん断力補強構造7, 7'によると、補強部材挿入孔10は、充填材30又は繊維シート31により外部と遮断されるので、補強後の耐久性の観点で劣化の抑制を期待できる。

[0190] また、地震時に発生する曲げモーメントの分布に応じてせん断補強部材20の基端部の形状を選択することにより、靱性性能を発揮する合理的な構造を構築することにより、経済的な構成に補強することが可能となる。

[0191] さらに、一般的にはボックスカルバートBの底版はせん断補強をすることができないが、ボックスカルバートB全体で安全性能が向上されるため、底版のせん断補強を必要としない。

[0192] 以上、本発明について、好適な実施形態について説明した。しかし、本発明は、前述の各実施形態に限られず、前記の各構成要素については、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、適宜設計変更が可能であることは言うまでもない。

特に、本発明のせん断力補強構造の対象とするRC構造体は、前記実施形態に限られず、カルバートや壁式橋脚、フーチング等の構造であってもよい。

[0193] また、補強対象である既設RC構造体は、RC造であればよく、現場打ち鉄筋コンクリート構造体や、プレキャストコンクリート構造体等その種類は問わないとともに、補強を行う部位についても限定されず、底版等にも適用可能である。

また、せん断補強部材の挿入間隔・挿入数は、前記実施形態に限られず、適宜に定めることができる。

[0194] また、せん断補強部材の先端に設けられるリングヘッドが、補強部材挿入孔への挿入の際にせん断補強部材の先端で空気を巻き込むことがないように、鋭角に形成されていてもよい。

[0195] また、第2実施形態では、せん断補強部材として、その先端部に尖鋭部が形成され

たものを使用した、これに限定されるものではなく、例えば先端部に何も加工を施していないものや、先端部を加熱して後、鉄板などに押し付けることでその鉄筋径よりも大きい断面形状の定着部を形成したもの等を使用してもよい。

[0196] また、補強対象である既設RC構造体は、RC造であればよく、現場打ち鉄筋コンクリート構造体や、プレキャストコンクリート構造体等その種類は問わないとともに、補強を行う部位についても限定されない。

[0197] また、第3実施形態～第5実施形態では、せん断補強鉄筋を中間壁の左側から挿入する構成としたが、その挿入方向は限定されるものではないことはいうまでもない。

また、前記各実施形態の基端プレートヘッドは、四角形の鋼板プレートを摩擦圧接によりせん断補強鉄筋に固定してなる構成としたが、これに限定されるものではなく、例えば、基端プレートヘッドに雌ネジを構成することで、せん断補強鉄筋の基端部にも先端部と同様に雄ネジを加工しせん断補強鉄筋を基端プレートヘッドにねじ込む構成やせん断補強鉄筋にネジ鉄筋を使用しせん断補強鉄筋を基端プレートヘッドにねじ込む構成としてもよい。

[0198] また、既設のRC造の側壁と、この側壁に形成された補強部材挿入孔に配置された基端定着部材を有するせん断補強部材と、この補強部材挿入孔に充填される充填材と、側壁の表面とせん断補強部材の基端定着部材の表面に接着されて、一体化がなされた繊維シートからなるせん断力補強構造を構築することにより、当該側壁のせん断耐力の補強と靱性性能の向上を行ってもよい。

[0199] また、第8実施形態において、繊維シートをプレートヘッドに直接接着する構成について述べたが、第一基端側拡張部に充填される充填材として、第一せん断補強鉄筋と十分な定着力を発現して、第一せん断補強鉄筋との一体化が可能な材質のものを使用すれば、繊維シートをプレートヘッドに直接接着しなくても、充填材の表面に接着することによりその効果を得ることが可能となる。

また、第8実施形態では、下側の第一領域のみに繊維シートを接着する構成としたが、これに限定されるものではなく、例えば、上側の第一領域に繊維シートを接着したり、ボックスカルバートの内面全体に繊維シートを接着してもよい。

[0200] また、前記第7実施形態及び第8実施形態では、第二せん断補強部材として、その

両端に突起部が形成された部材を使用するものとしたが、第二先端拡幅部及び第二基端拡幅部の内部に充填された充填材が地震時の引張力に対して十分な定着力を有し、該充填材と第二せん断補強部材との一体化が可能であれば、第二せん断補強部材の両端に突起部が形成されていなくてもよい。

同様に、第一せん断補強部材の先端に形成された突起部も、地震時の引張力に対する充填材との定着力に応じて省略することが可能である。

[0201] また、第一せん断補強部材の基端部に形成された基端定着部材の形状は、RC構造物に作用する応力に応じて、適宜設定されることはいうまでもない。

また、前記実施形態では、第一先端定着部材と、第二先端定着部材と、第二基端定着部材とが、同一である構成としたが、各定着部材が同一である必要がないことはいうまでもない。

また、第一基端定着部材として、第一線材の10倍～15倍の幅を有するプレート材を使用するものとしたが、第一基端定着部材の大きさは、これに限定されるものではない。

[0202] また、前記各実施形態では、補強部材挿入孔全体に繊維補強セメント系材料からなる充填材を充填する構成としたが、これに限定されるものではなく、例えば、先端拡幅部及び基端拡幅部のみに高強度繊維充填材を充填し、一般部は、普通強度の充填材を充填する構成としてもよい。

[0203] また、充填材を構成する骨材及びポゾラン系反応粒子の配合は、前記実施の形態で記載したものに限定されるものではなく、骨材は、最大粒径が2.5mm以下、ポゾラン系反応粒子は、粒子径が0.01～15 $\mu$ mの範囲内であればよい。

また、充填材にシリカヒュームを混合する構成としたが、ポゾラン系反応粒子は、シリカヒュームに限定されるものではない。

また、充填材は、所定の圧縮強度(200N/mm<sup>2</sup>以上)、所定の曲げ引張強度(40N/mm<sup>2</sup>以上)、所定の異形鉄筋との付着強度(60～80N/mm<sup>2</sup>)を発現可能であれば、例えばセメント系モルタルやエポキシ樹脂等を使用してもよく、前記実施形態のものに限定されるものではない。

### 請求の範囲

- [1] 既設の鉄筋コンクリート構造物と、この鉄筋コンクリート構造物に形成された補強部材挿入孔の内部に配設される線材を主体としたせん断補強部材と、前記補強部材挿入孔に充填される充填材と、からなるせん断力補強構造であって、
- 前記補強部材挿入孔が、前記線材の直径よりも大きい内径の一般部と、前記補強部材挿入孔の基端部に形成されて、前記一般部よりも大きい内径を有する基端拡幅部と、から構成されていることを特徴とする、せん断力補強構造。
- [2] 前記補強部材挿入孔の先端部には、前記一般部よりも大きい内径を有する先端拡幅部が形成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載のせん断力補強構造。
- [3] 前記せん断補強部材が、前記線材であるせん断補強鉄筋と、前記せん断補強鉄筋の基端部に形成されて前記せん断補強鉄筋の鉄筋径よりも断面形状が大きい基端定着部材と、から構成されていることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載のせん断力補強構造。
- [4] 前記せん断補強鉄筋の先端部に、前記せん断補強鉄筋の鉄筋径よりも断面形状が大きい先端定着部材が形成されていることを特徴とする、請求の範囲第3項に記載のせん断力補強構造。
- [5] 前記充填材が、前記線材が異形鉄筋の場合に、その付着強度が $60\text{N}/\text{mm}^2$ 以上であることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載のせん断力補強構造。
- [6] 前記充填材が、セメント系マトリックスに繊維が混合された、繊維補強セメント系混合材料であることを特徴とする、請求の範囲第1項に記載のせん断力補強構造。
- [7] 前記繊維補強セメント系混合材料が、セメントと最大粒径が $2.5\text{mm}$ 以下の骨材と粒子径が $0.01\sim 15\mu\text{m}$ のポゾラン系反応粒子と少なくとも1種類の分散材と水とを混合して得られるセメント系マトリックスに、
- 直径が $0.05$ 乃至 $0.3\text{mm}$ で長さが $8$ 乃至 $16\text{mm}$ の繊維を、前記セメント系混合体の容積に対して $1$ 乃至 $4\%$ 程度混入してなることを特徴とする、請求の範囲第6項に記載のせん断力補強構造。
- [8] 前記鉄筋コンクリート構造物の表面に繊維シートが接着されており、

前記繊維シートと前記せん断補強部材とは、一体化がなされていることを特徴とする、請求の範囲第1項乃至請求の範囲第7項のいずれか1項に記載のせん断力補強構造。

- [9] 前記鉄筋コンクリート構造物の表面と、前記基端定着部材の表面と、に繊維シートが接着されており、

前記繊維シートと前記せん断補強部材とは、一体化がなされていることを特徴とする、請求の範囲第3項に記載のせん断力補強構造。

- [10] 既設の鉄筋コンクリート構造物と、

前記鉄筋コンクリート構造物に形成された第一補強部材挿入孔の内部に配設される第一せん断補強部材及び第二補強部材挿入孔の内部に配設される第二せん断補強部材と、

前記第一補強部材挿入孔及び第二補強部材挿入孔に充填される充填材と、からなるせん断力補強構造であって、

前記第一せん断補強部材は、第一線材と、

前記第一線材の基端部に形成されて該第一線材の直径よりも大きな幅を有する第一基端定着部材とから構成されていることを特徴とする、せん断力補強構造。

- [11] 前記第一補強部材挿入孔が、前記第一線材の直径よりも大きい内径の第一一般部と、

前記第一補強部材挿入孔の基端部に形成されて、前記第一一般部よりも大きい内径を有する第一基端拡幅部と、から構成されていることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載のせん断力補強構造。

- [12] 前記第一補強部材挿入孔の先端部には、前記第一一般部よりも大きい内径を有する第一先端拡幅部が形成されていることを特徴とする、請求の範囲第11項に記載のせん断力補強構造。

- [13] 前記第二せん断補強部材は、第二線材と、前記第二線材の基端部に形成されて該第二線材の直径よりも大きな幅を有する第二基端定着部材とから構成されており、

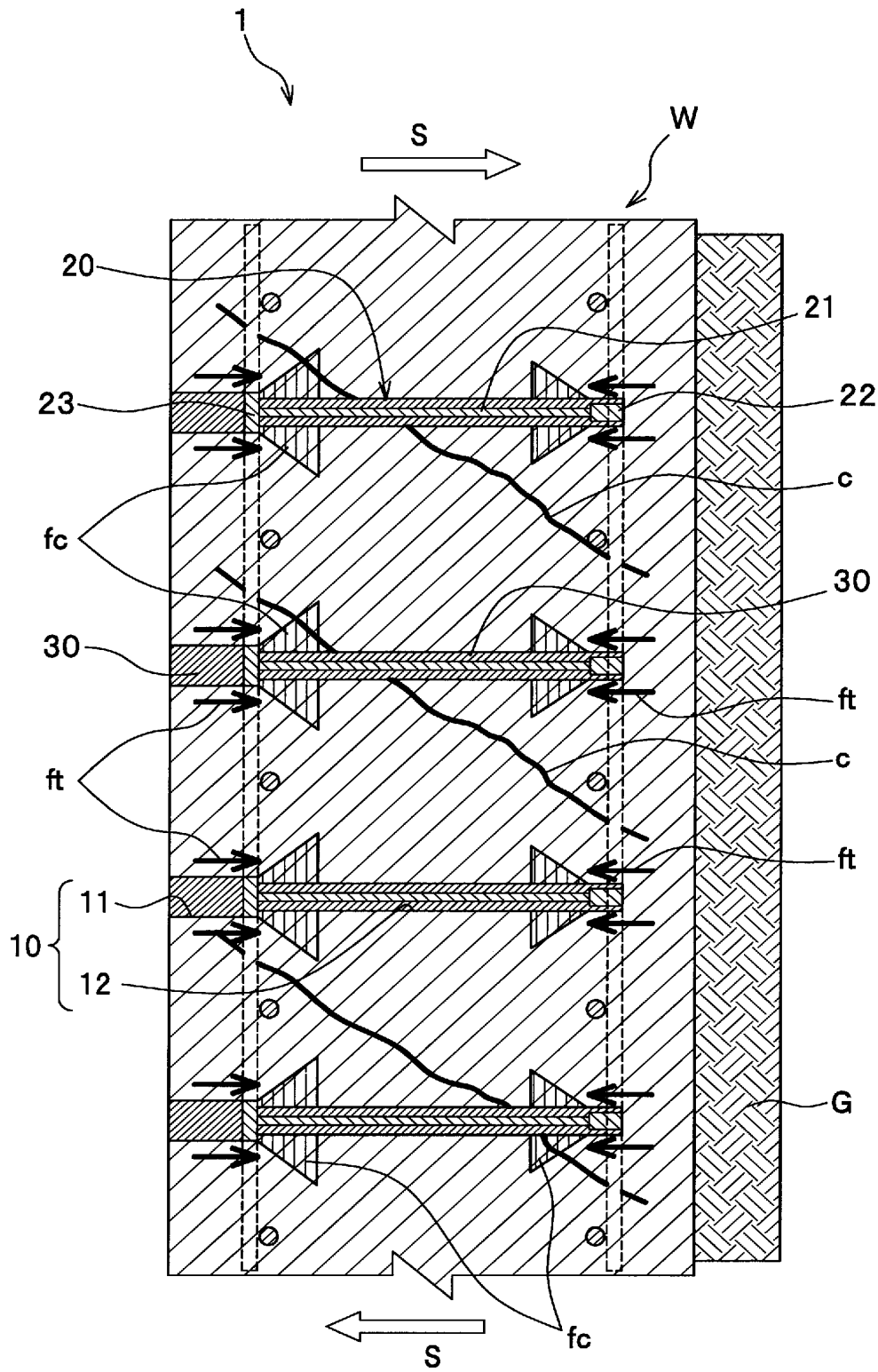
前記第一基端定着部材は、前記第二基端定着部材の幅よりも大きな幅を有していることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載のせん断力補強構造。



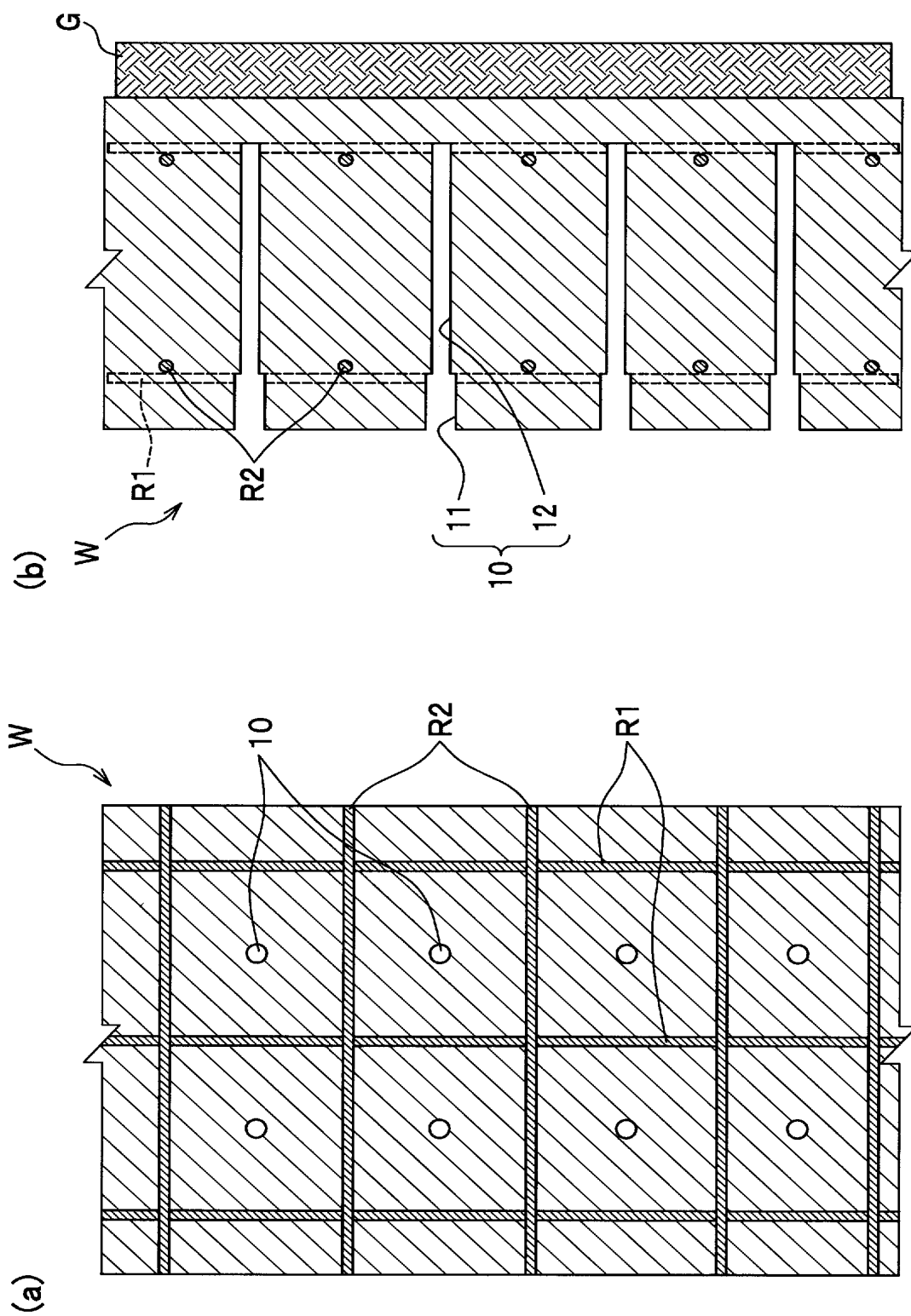
- [14] 前記第一せん断補強部材の先端部に、前記第一線材の直径よりも大きな幅を有する第一先端定着部材が形成されていることを特徴とする、請求の範囲第13項に記載のせん断力補強構造。
- [15] 前記第一せん断補強部材と前記第二せん断補強部材との先端部に、それぞれ前記第一線材の直径よりも大きな幅を有する第一先端定着部材と前記第二線材の直径よりも大きな幅を有する第二先端定着部材とが形成されていることを特徴とする、請求の範囲第13項に記載のせん断力補強構造。
- [16] 前記鉄筋コンクリート構造物はラーメン構造からなり、前記第一補強部材挿入孔は、前記鉄筋コンクリート構造物の隅角部に形成されることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載のせん断力補強構造。
- [17] 前記第一基端定着部材は、前記第一線材の直径の5倍以上、20倍以下の幅、好ましくは10倍以上、15倍以下の幅からなるプレート状の部材が、前記第一線材の基端部に固定されてなることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載のせん断力補強構造。
- [18] 前記鉄筋コンクリート構造物の内面には、繊維シートが接着されており、前記繊維シートは、前記第一線材と一体化がなされていることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載のせん断力補強構造。
- [19] 前記鉄筋コンクリート構造物の内面には、繊維シートが接着されており、前記繊維シートは、前記鉄筋コンクリート構造物の表面と、前記第一線材の前記第一基端定着部材の表面とに接着されて一体化がなされていることを特徴とする、請求の範囲第10項に記載のせん断力補強構造。
- [20] 既設の鉄筋コンクリート構造物を形成された補強部材挿入孔の内部に配設されるせん断補強部材であって、  
前記補強部材挿入孔の延長よりも短い長さの線材と、前記線材の直径よりも大きな幅寸法を有し、該線材の基端部及び先端部にそれぞれ固定された基端定着部材及び先端定着部材とから構成されていることを特徴とする、せん断補強部材。
- [21] 前記先端定着部材は、幅寸法が前記線材の直径の120%乃至250%に形成されていることを特徴とする、請求の範囲第20項に記載のせん断力補強部材。

- [22] 前記線材には、その先端部に雄ネジ部材が一体に形成されており、  
前記先端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の80%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の200%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートからなり、当該鋼製プレートには、雌ネジが形成されており、この雌ネジに前記線材の雄ネジ部材をねじ込むことにより前記線材の先端部に固定されてなることを特徴とする、請求の範囲第20項に記載のせん断力補強部材。
- [23] 前記線材には、その先端部に雄ネジが加工されており、  
前記先端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の80%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の200%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートからなり、この鋼製プレートには、雌ネジが形成されており、この雌ネジに前記線材の雄ネジをねじ込むことにより前記線材の先端部に固定されてなることを特徴とする、請求の範囲第20項に記載のせん断力補強部材。
- [24] 前記線材は、ネジ鉄筋から構成されてなり、  
前記先端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の80%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の200%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートからなり、この鋼製プレートには、雌ネジが形成されており、この雌ネジに前記線材をねじ込むことにより前記線材の先端部に固定されてなることを特徴とする、請求の範囲第20項に記載のせん断力補強部材。
- [25] 前記基端定着部材は、厚さ寸法が前記線材の直径の30%乃至120%、幅寸法が前記線材の直径の130%乃至300%の円形又は多角形の形状をした鋼製プレートが前記線材の基端部に固定されてなることを特徴とする、請求の範囲第20項乃至請求の範囲第24項のいずれか1項に記載のせん断力補強部材。

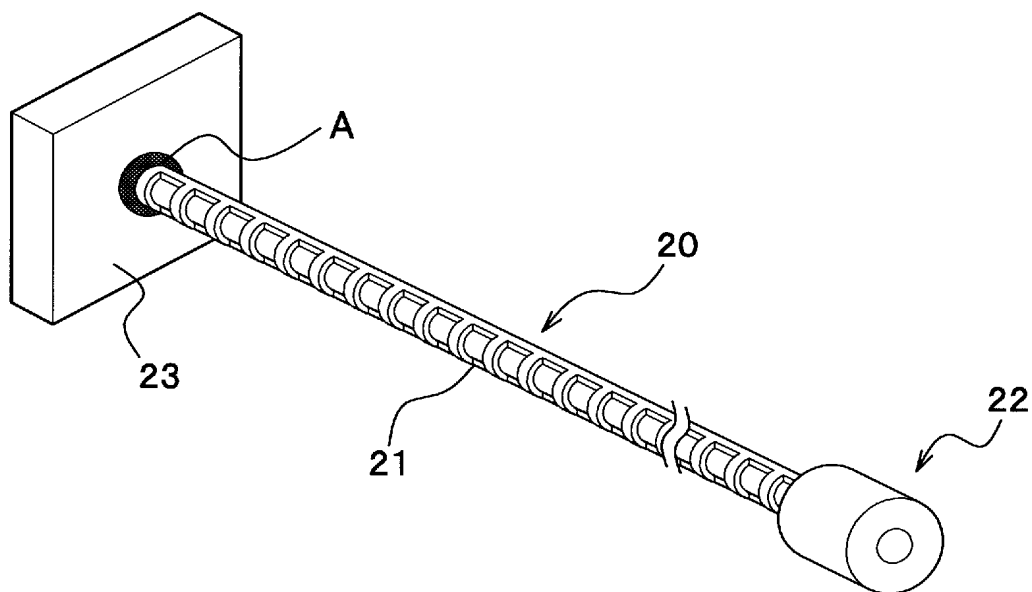
[図1]



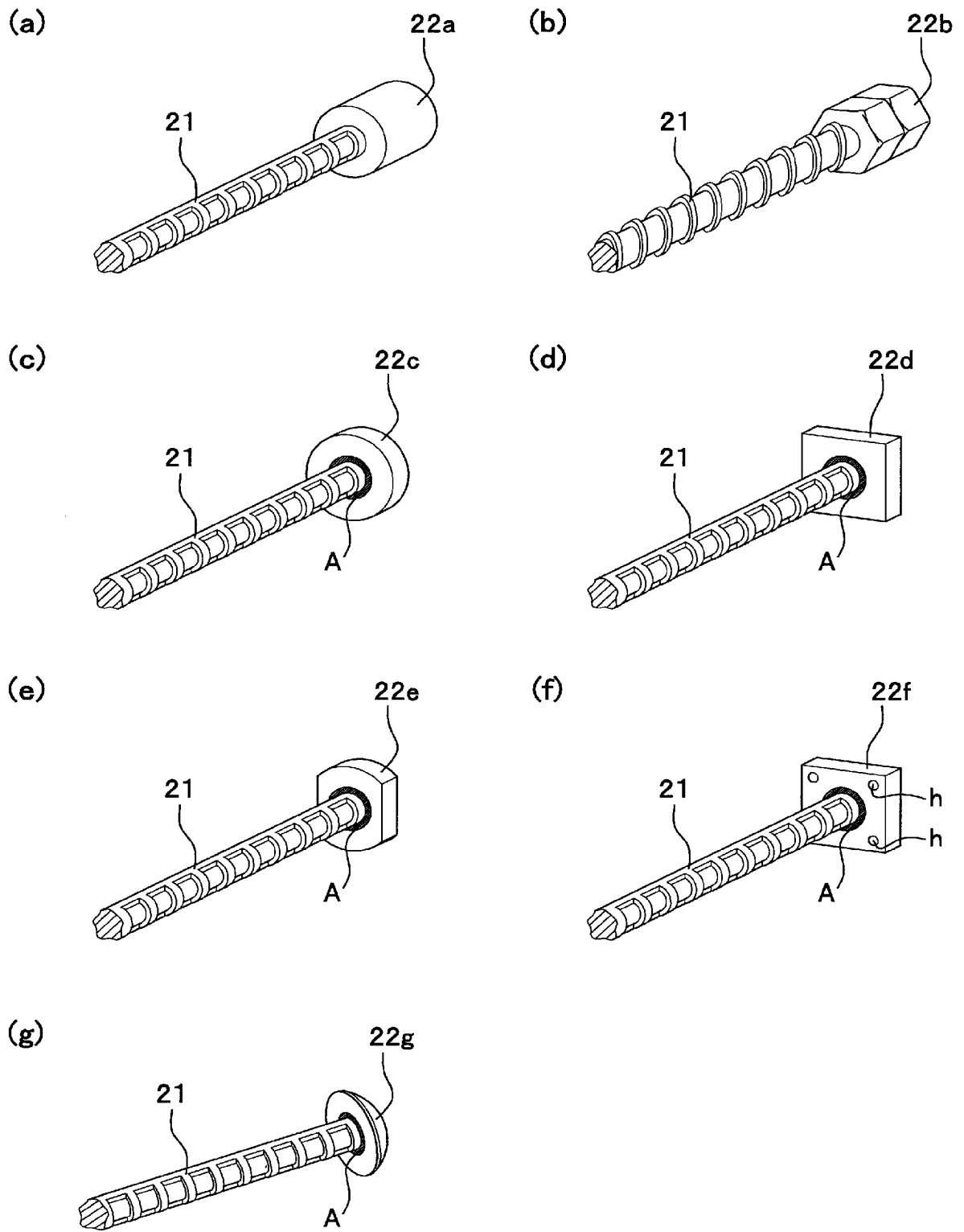
[図2]



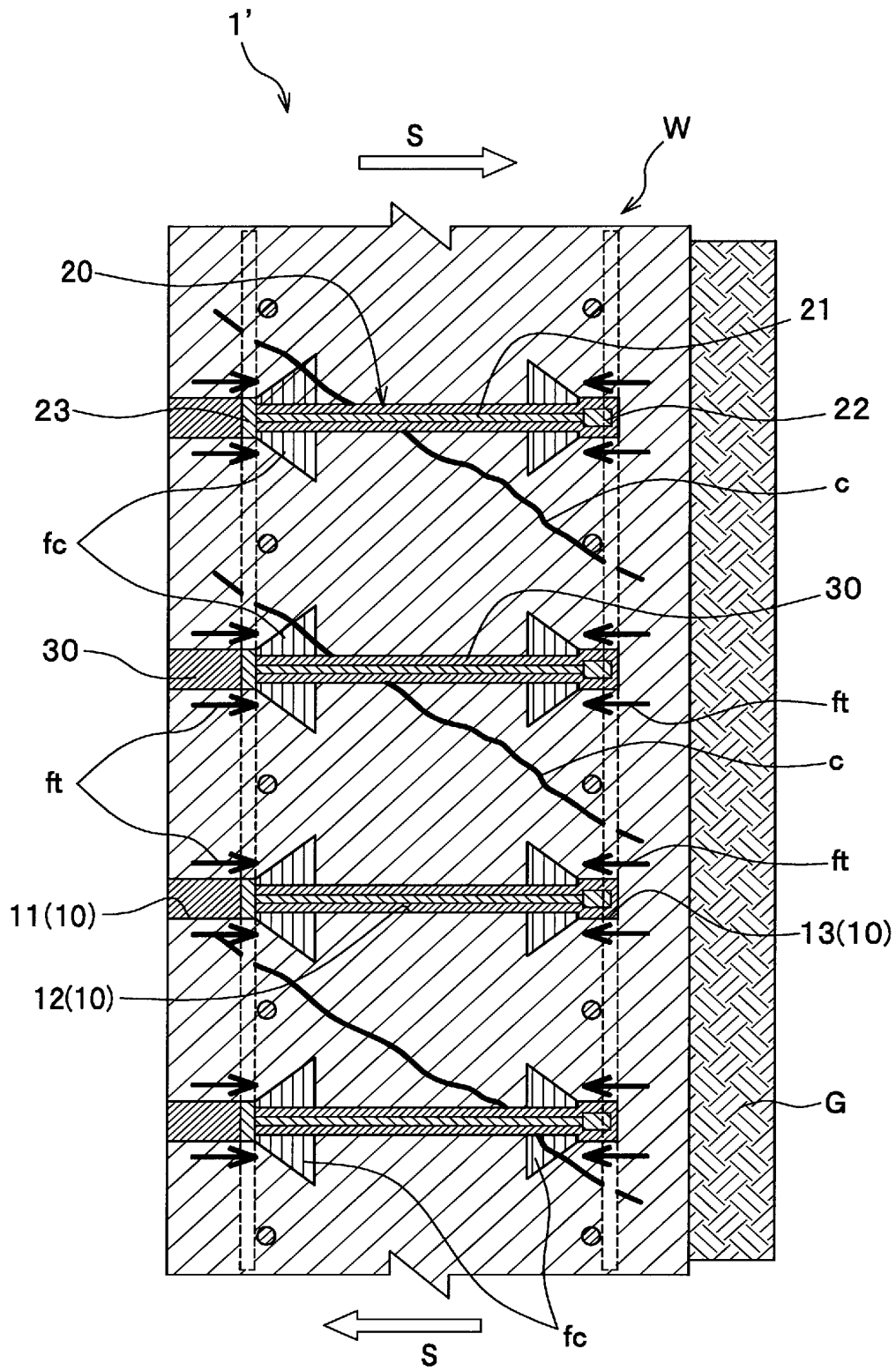
[図3]



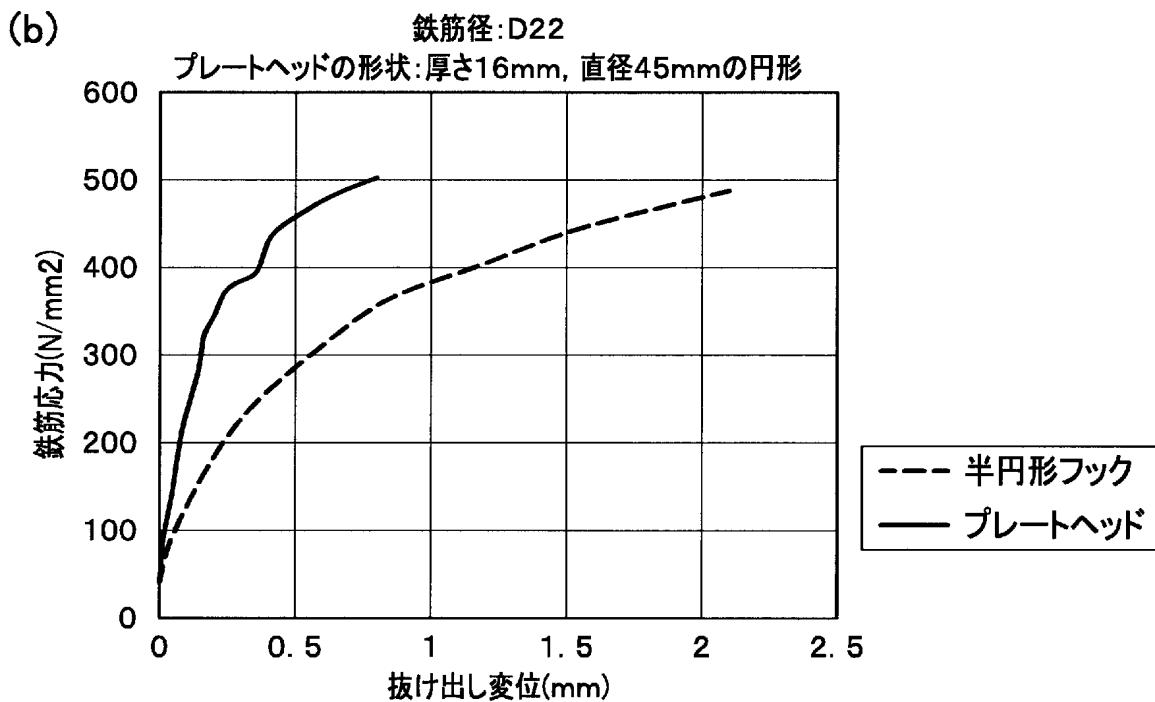
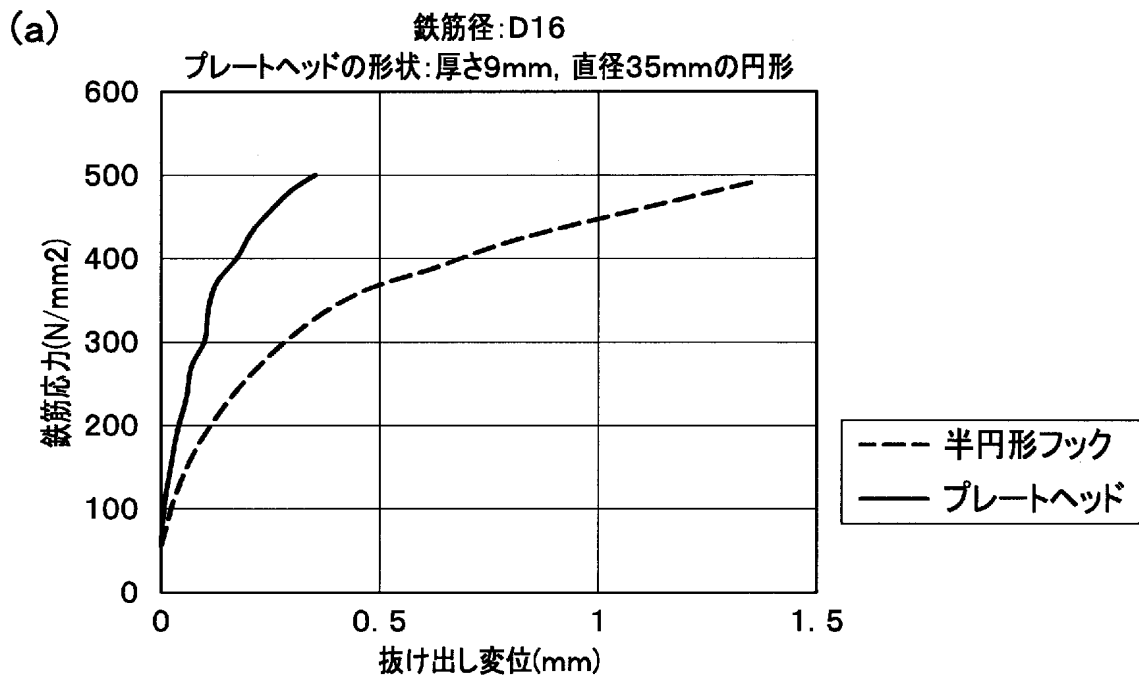
[[図4]]



[[図5]]

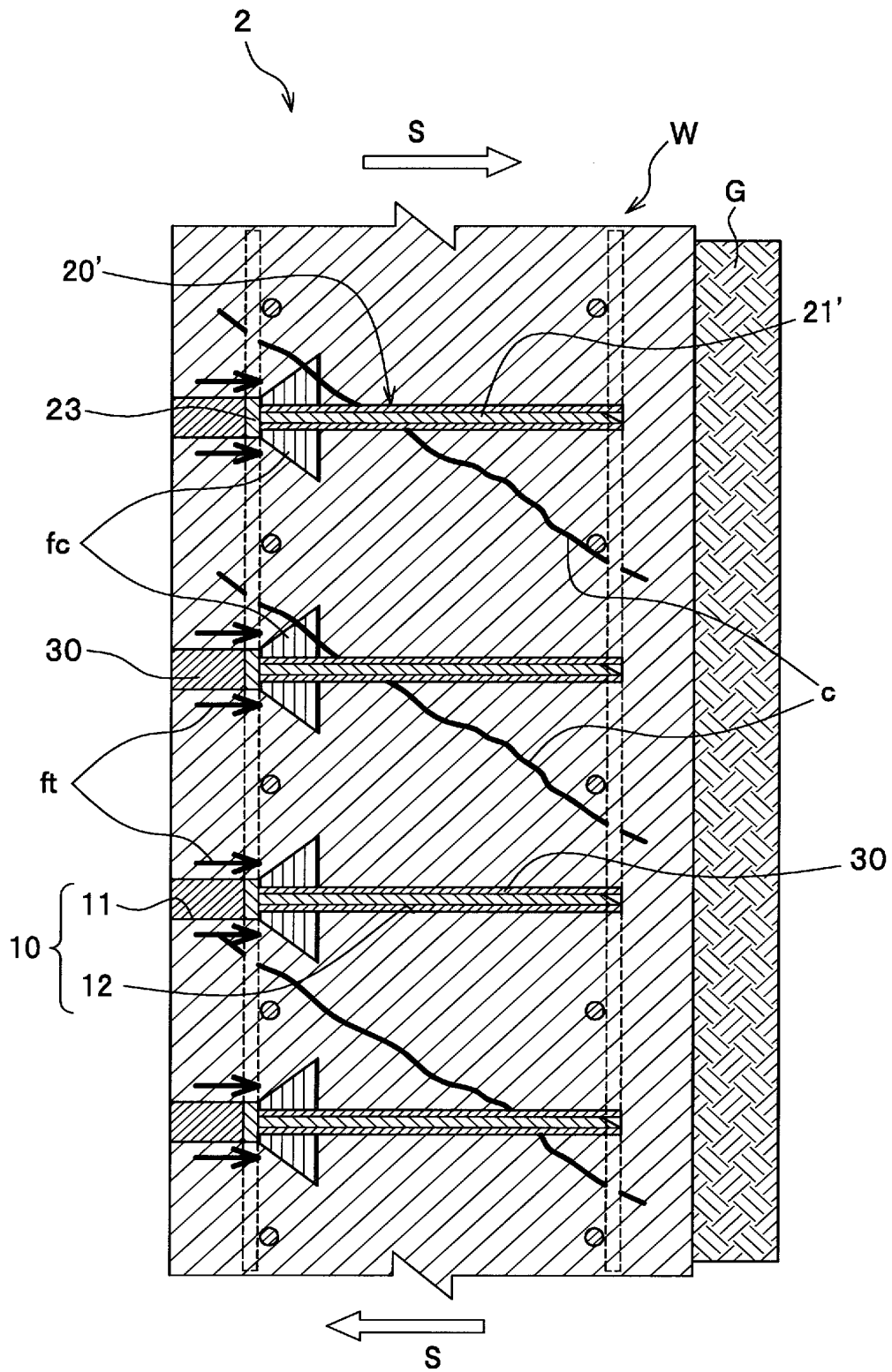


[図6]

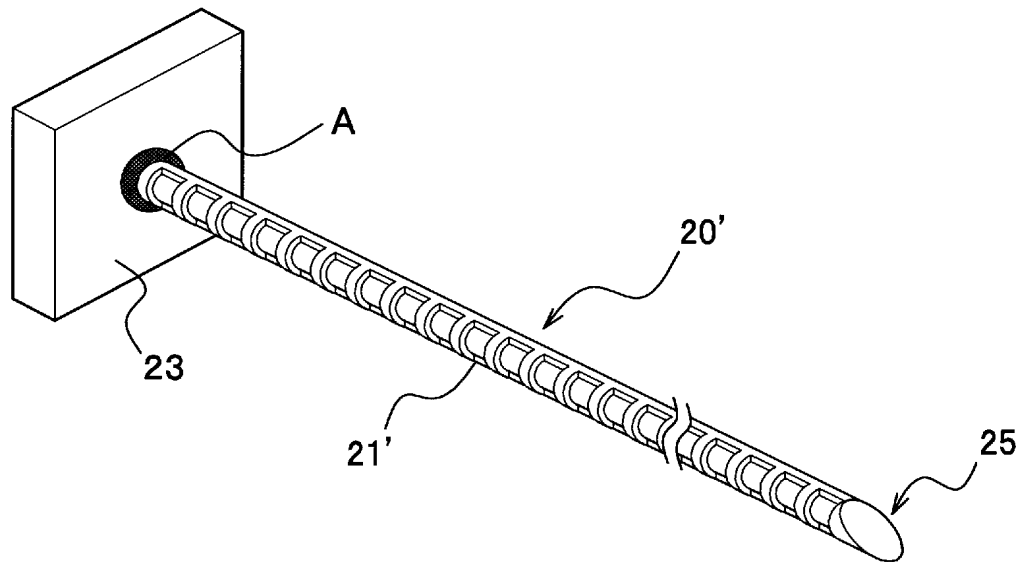




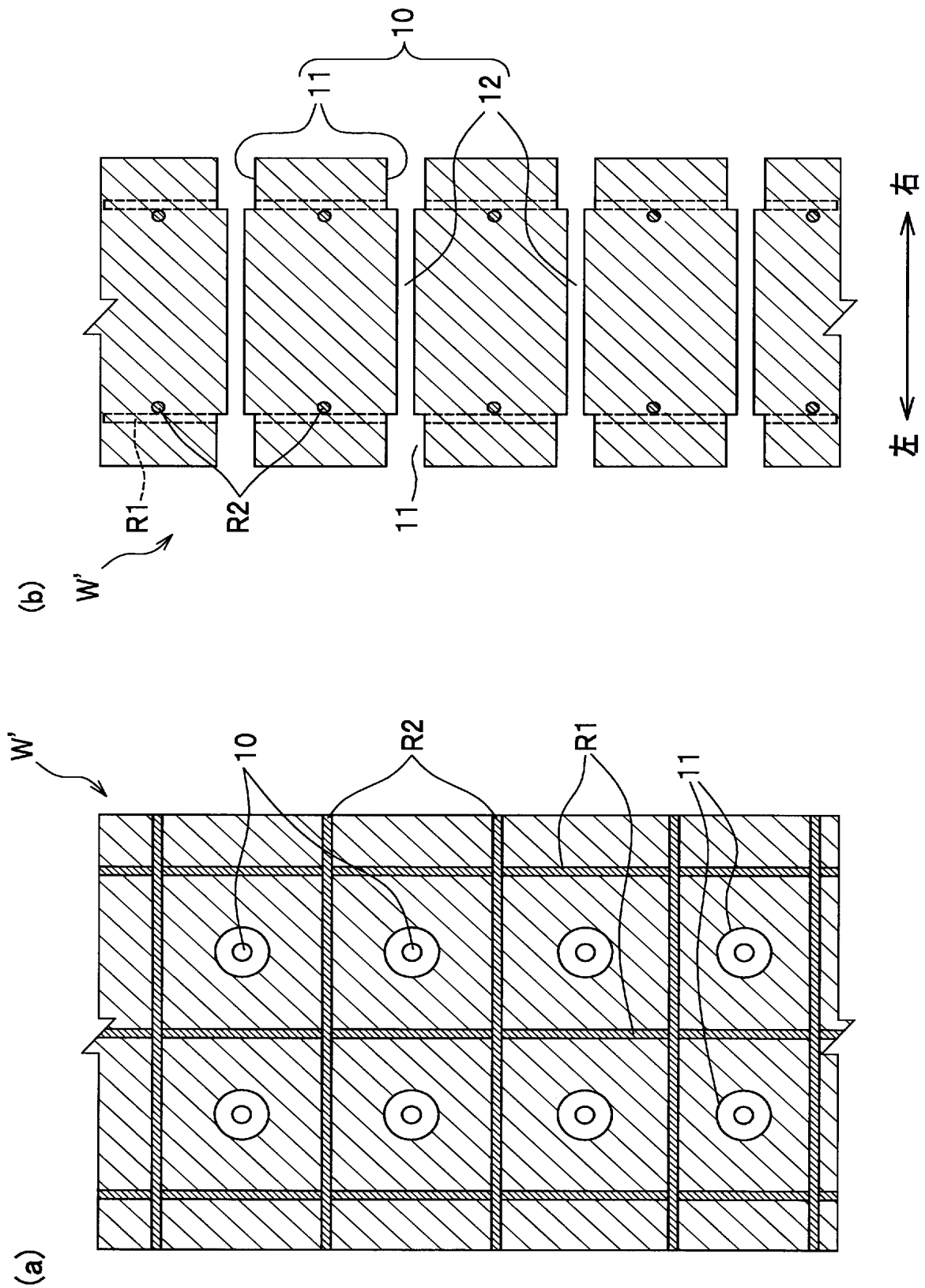
[図7]



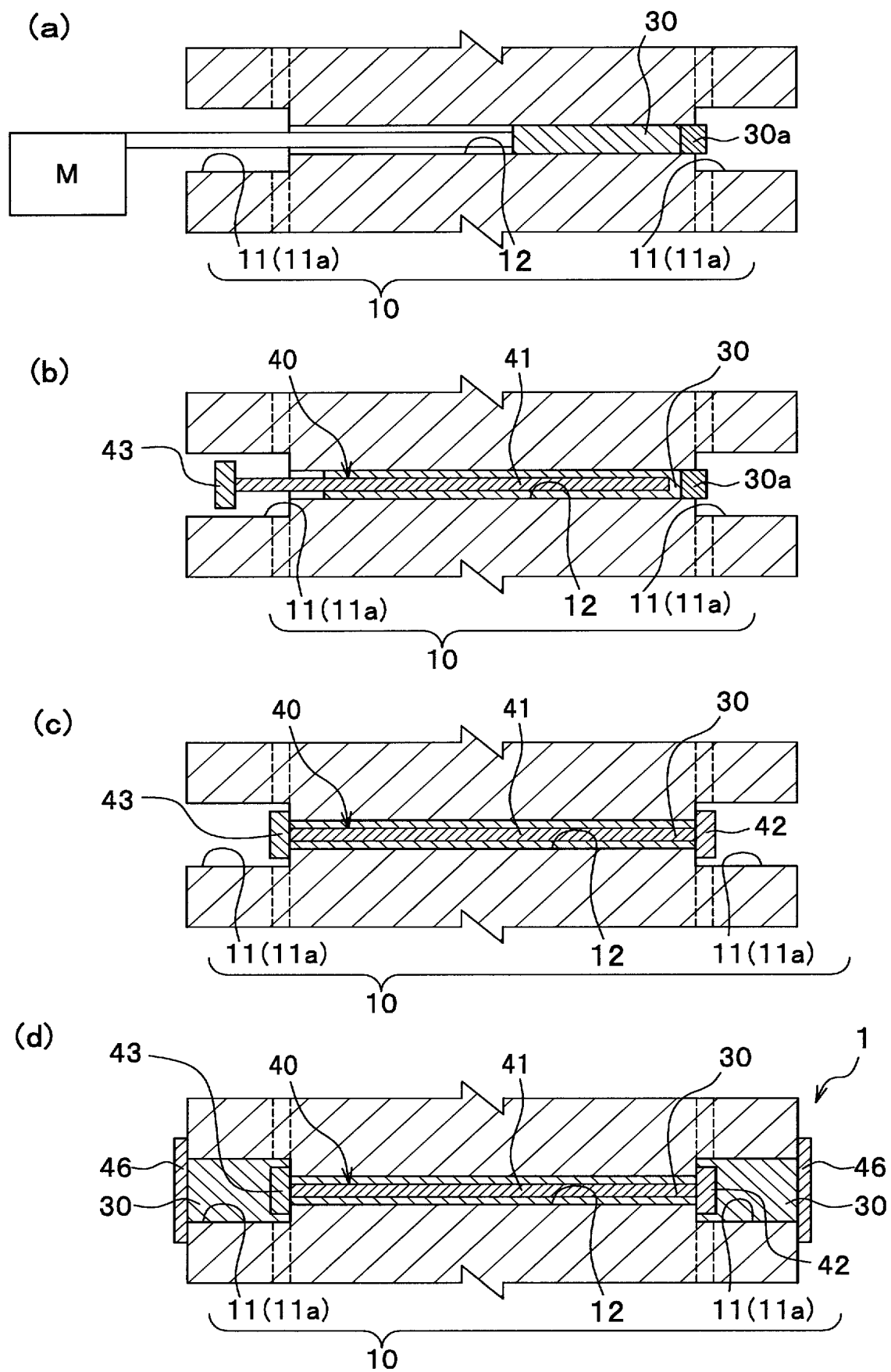
[図8]



[図9]

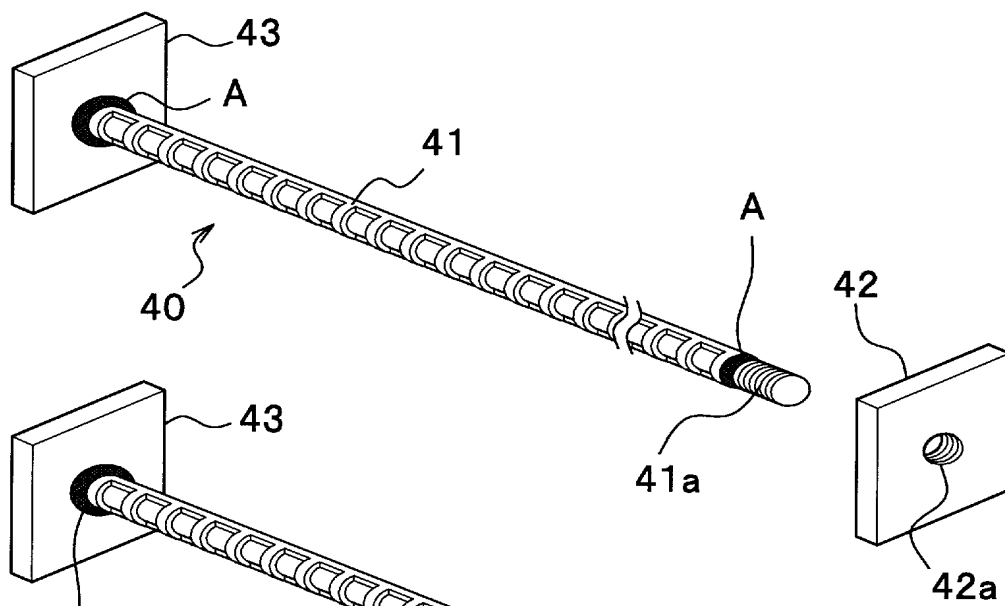


[図10]

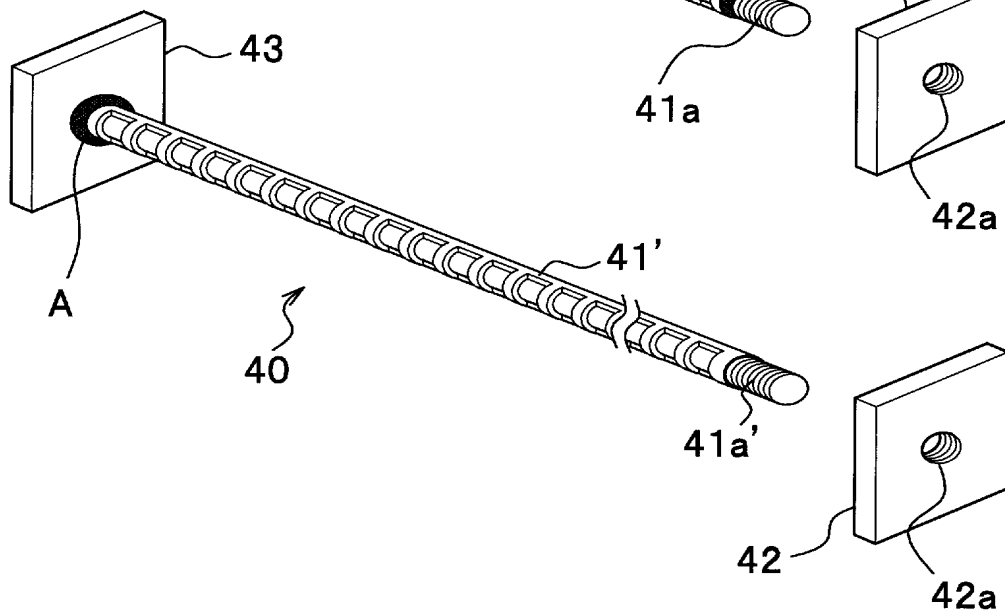


[図11]

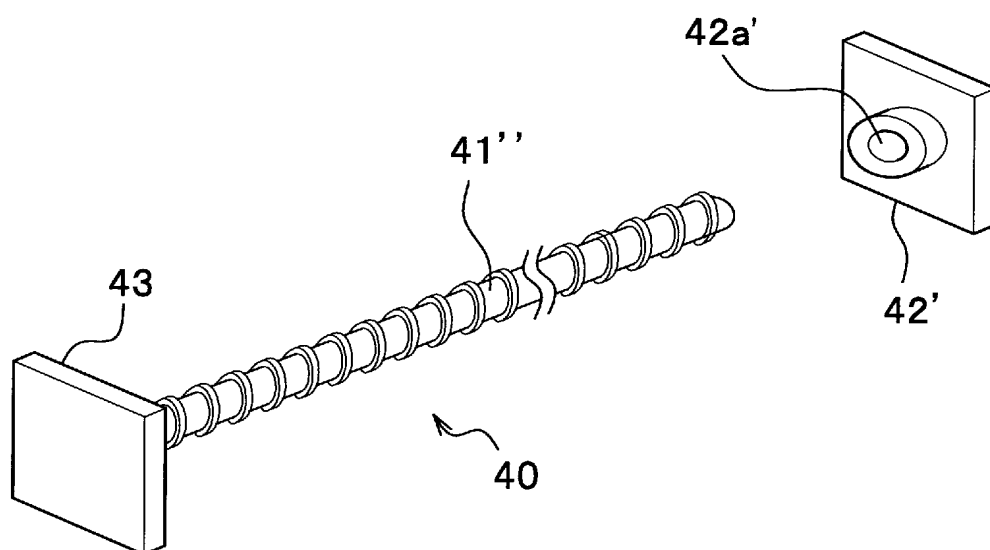
(a)



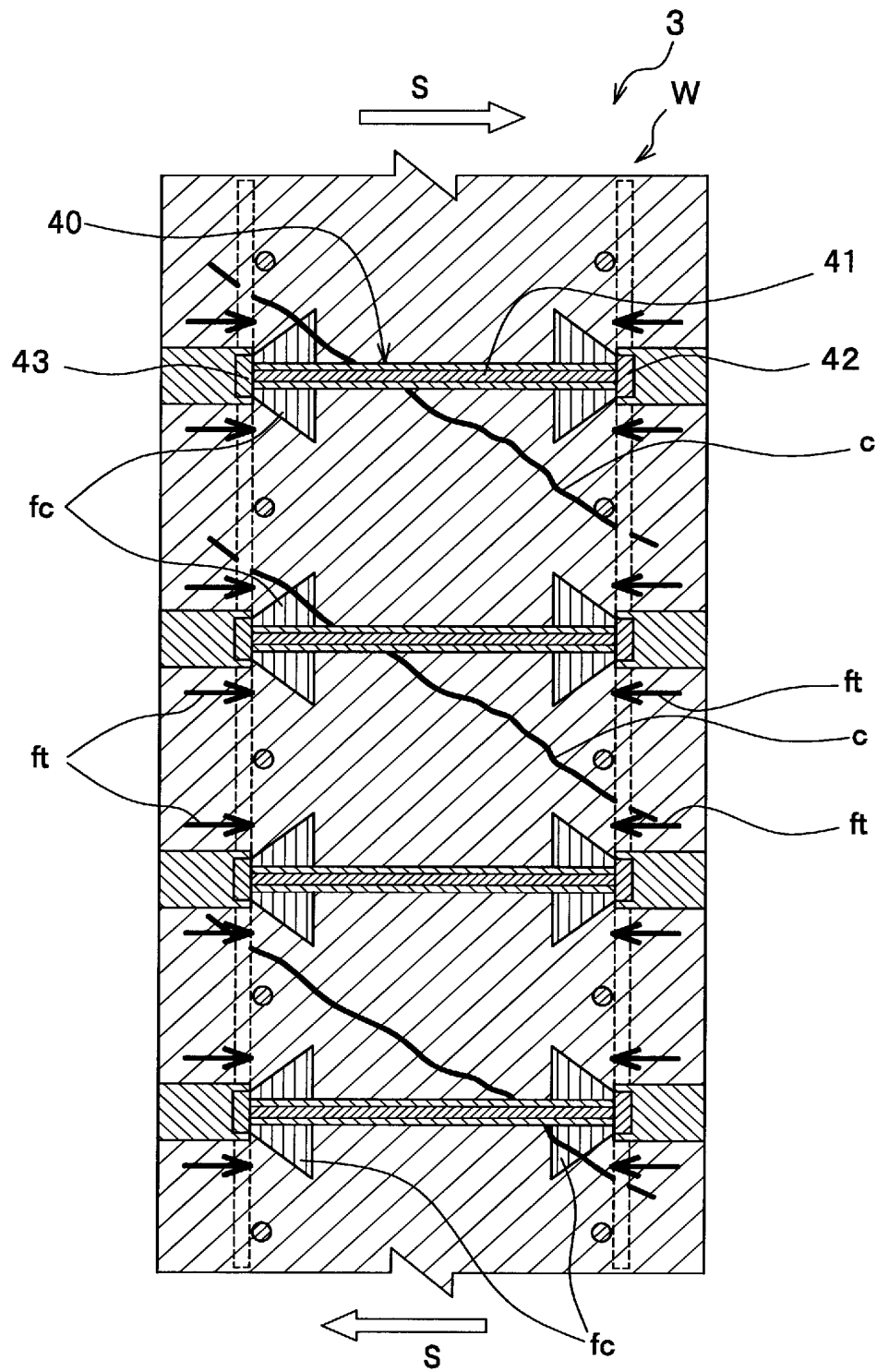
(b)



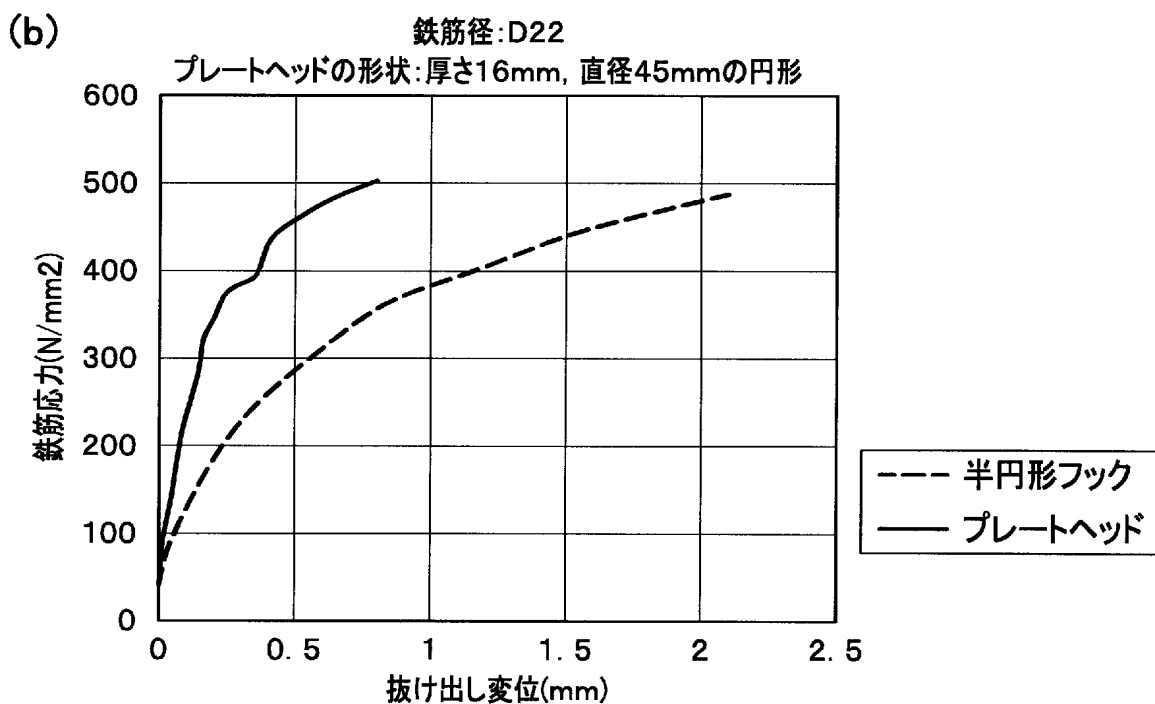
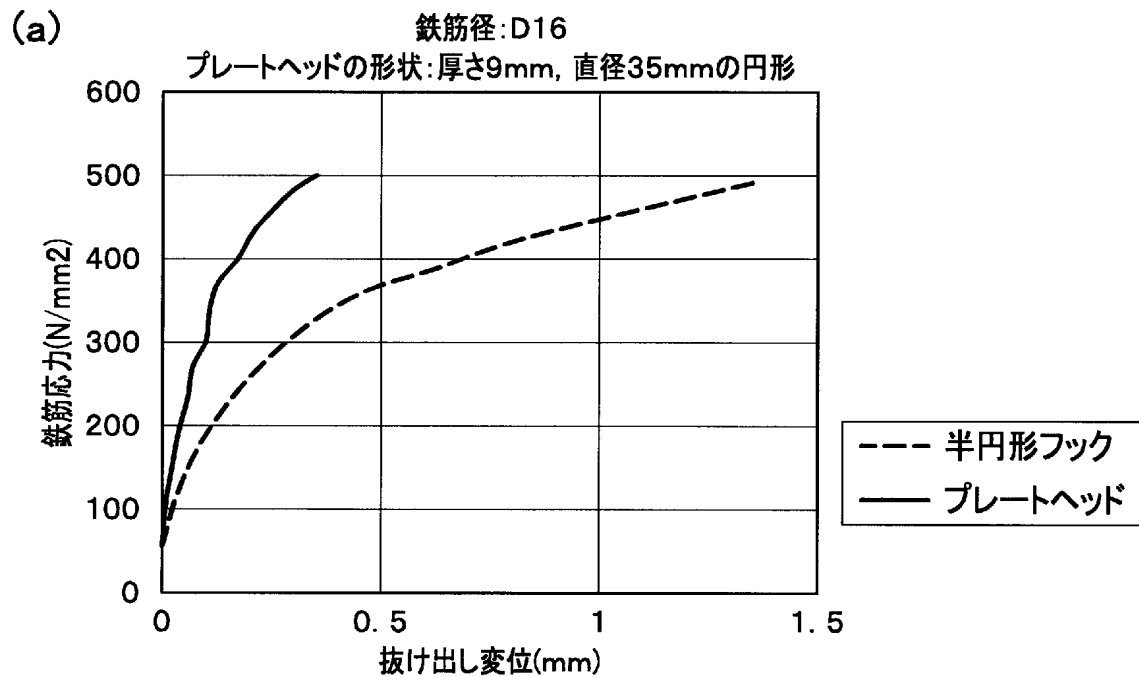
(c)



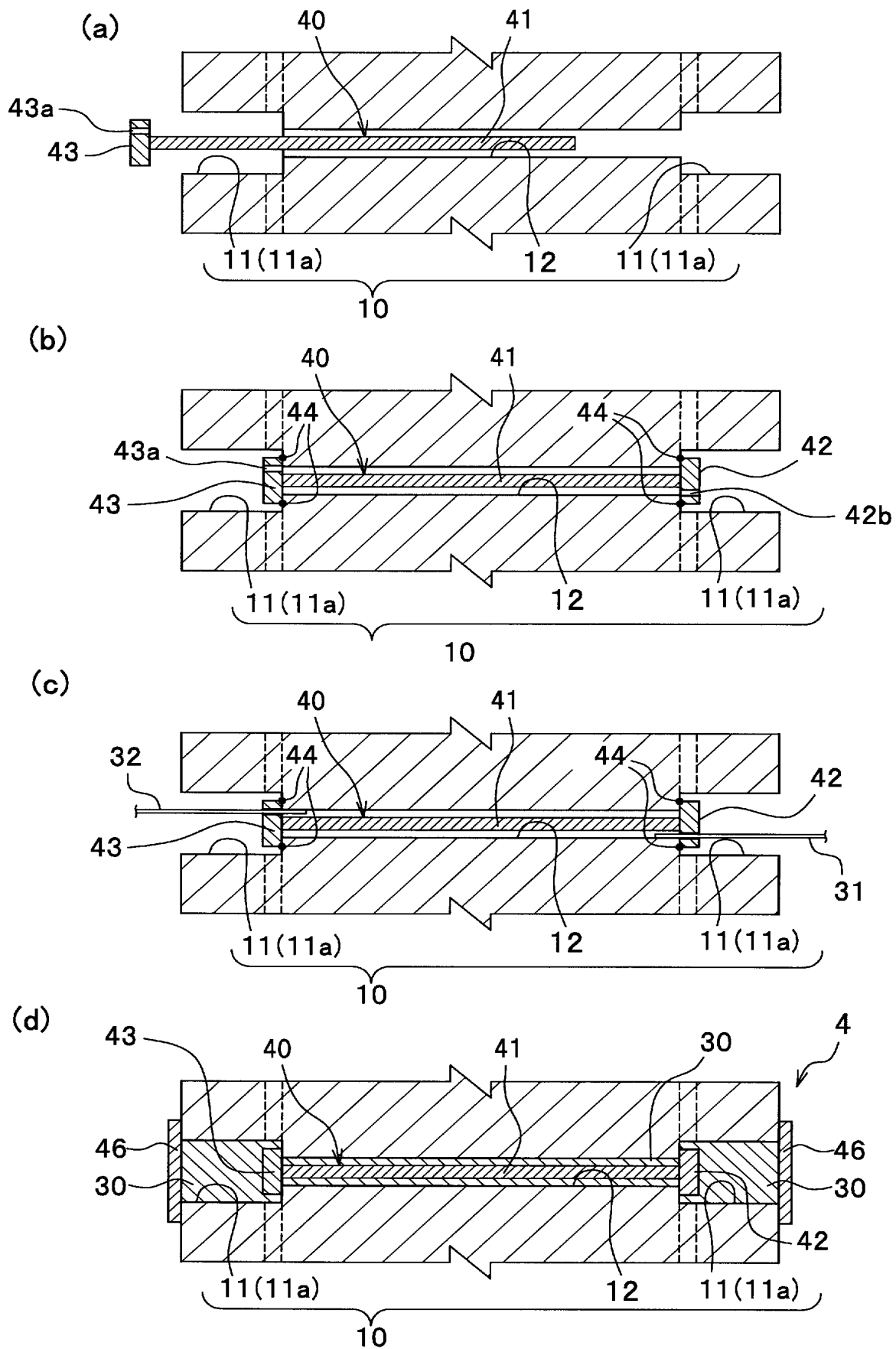
[図12]



[図13]

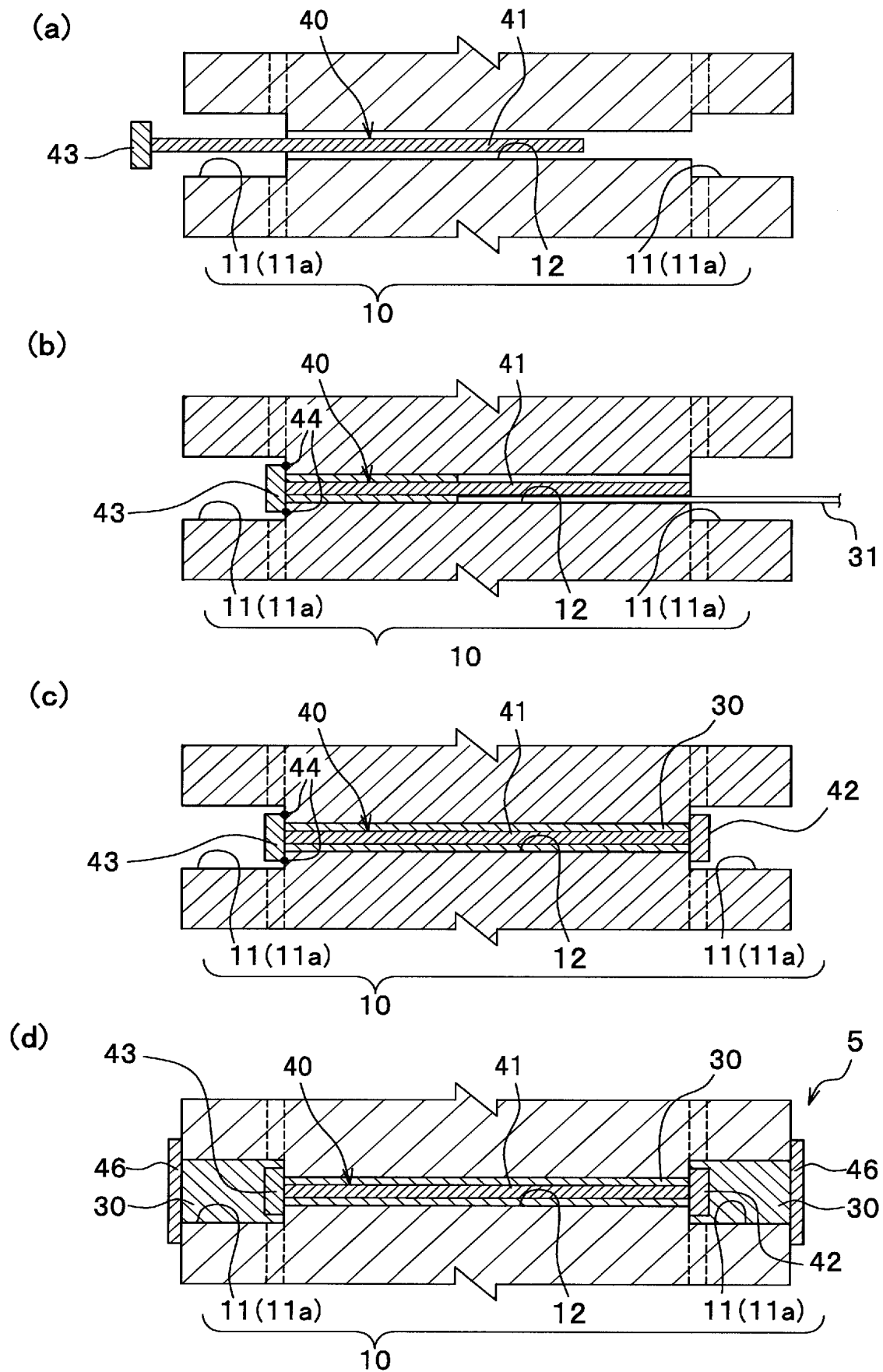


[図14]

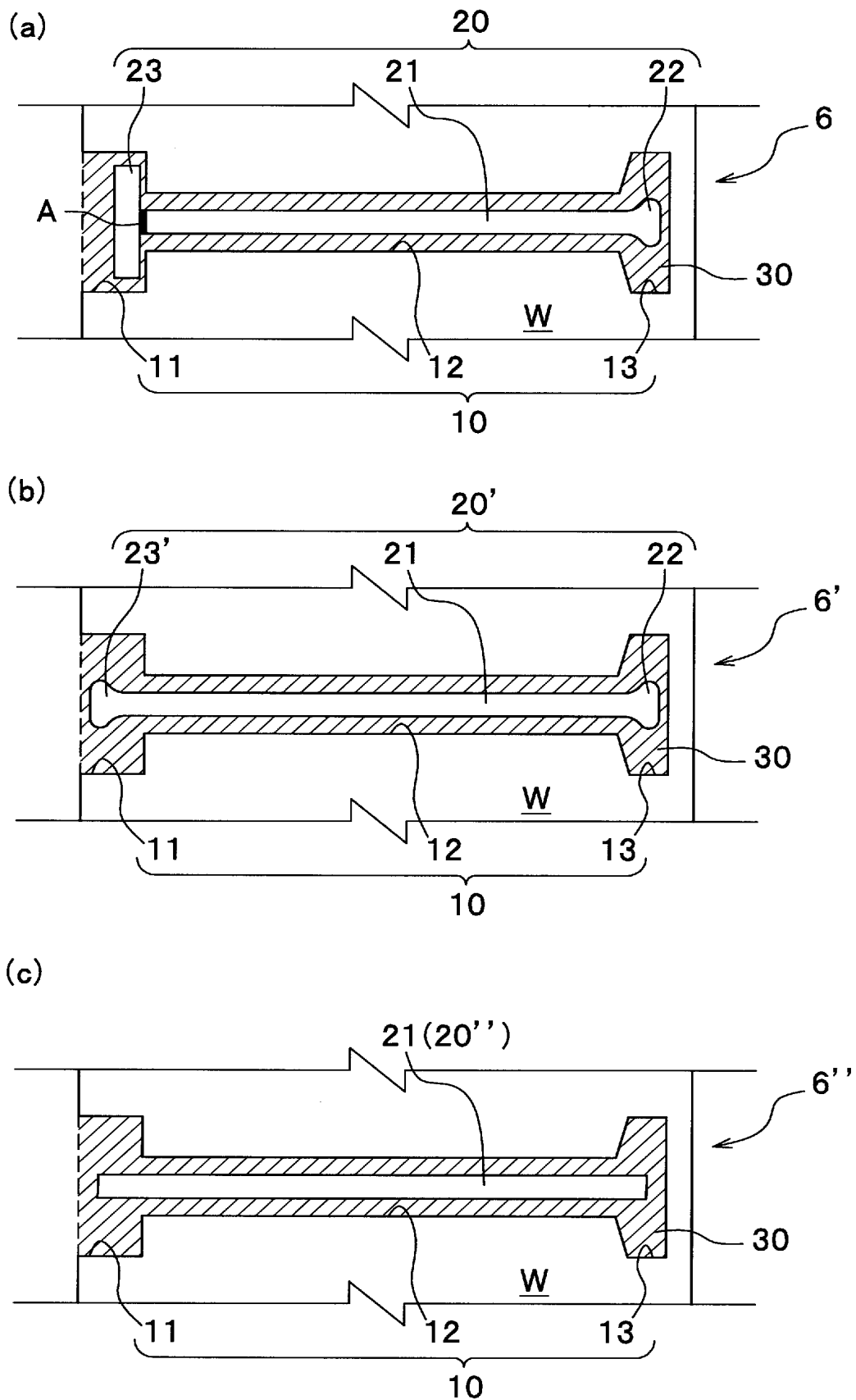




[図15]

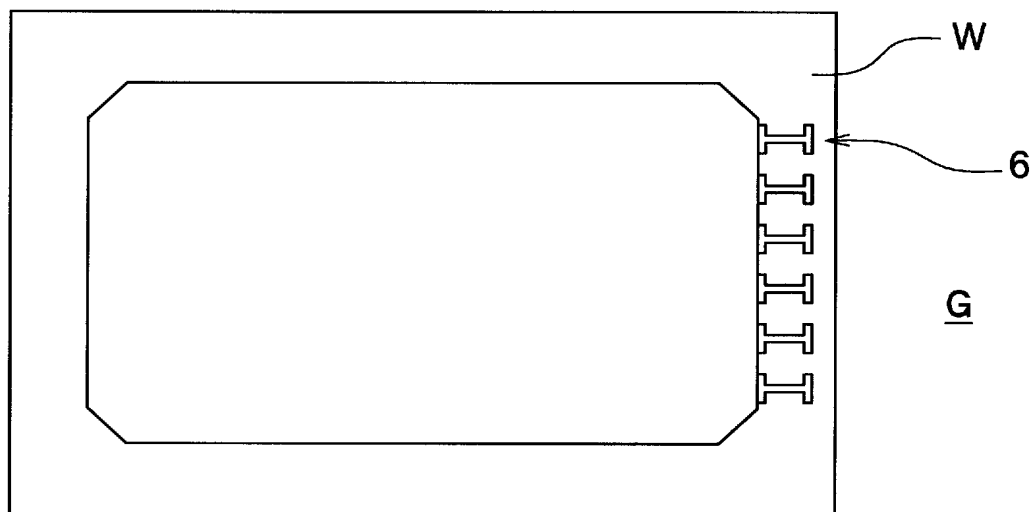


[図16]

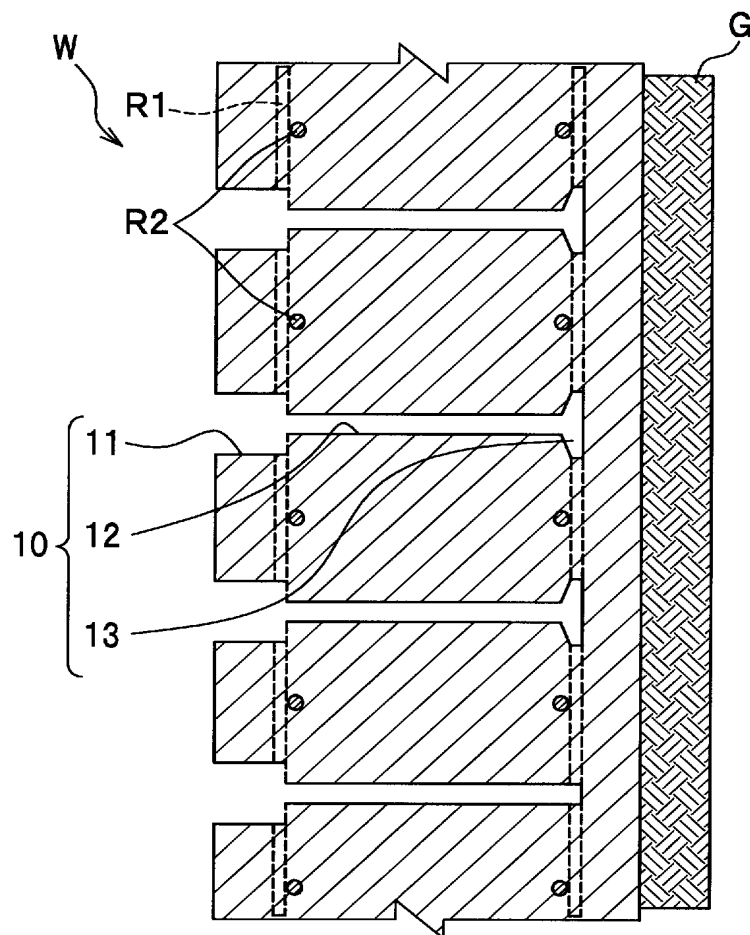


[図17]

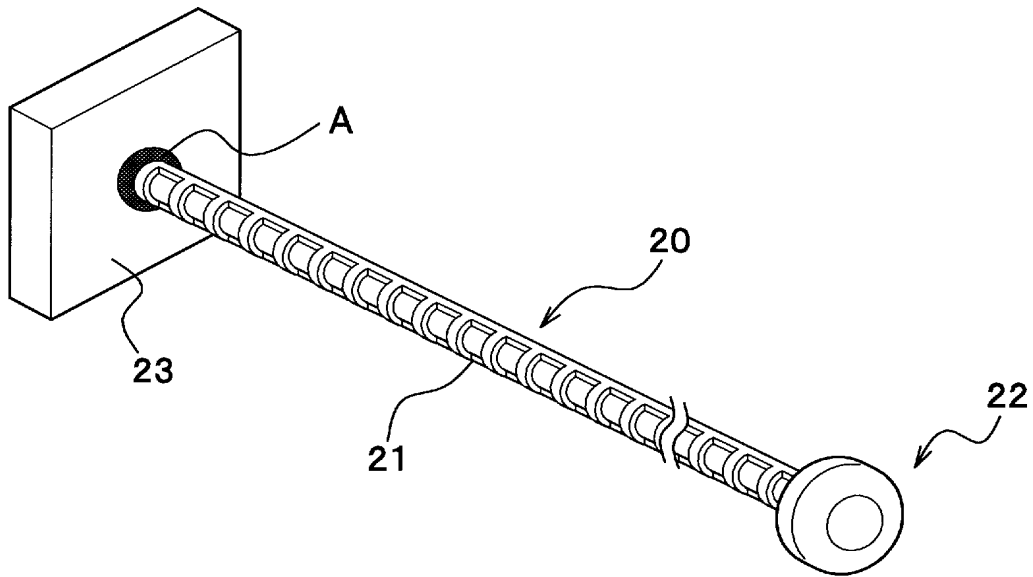
(a)



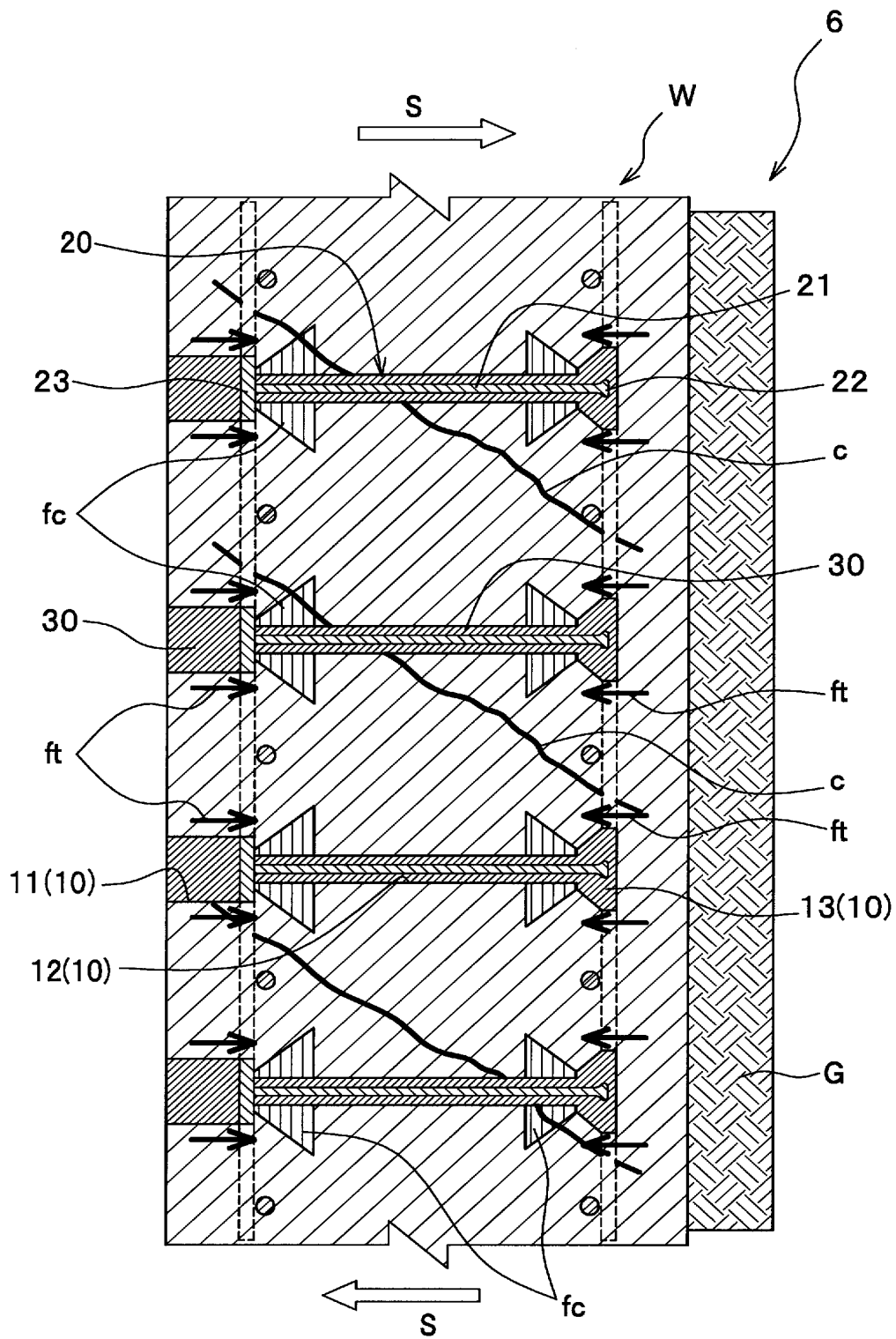
(b)



[図18]

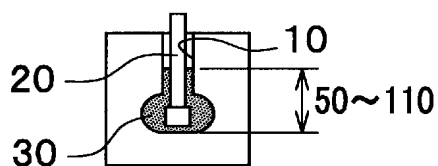
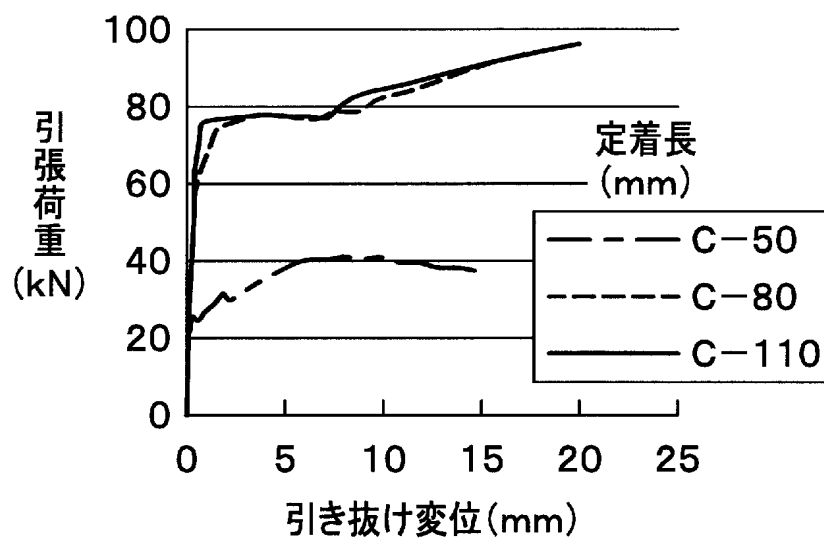


[図19]

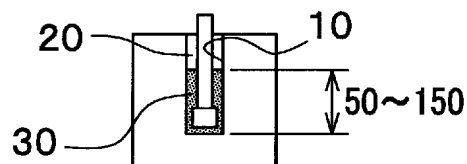
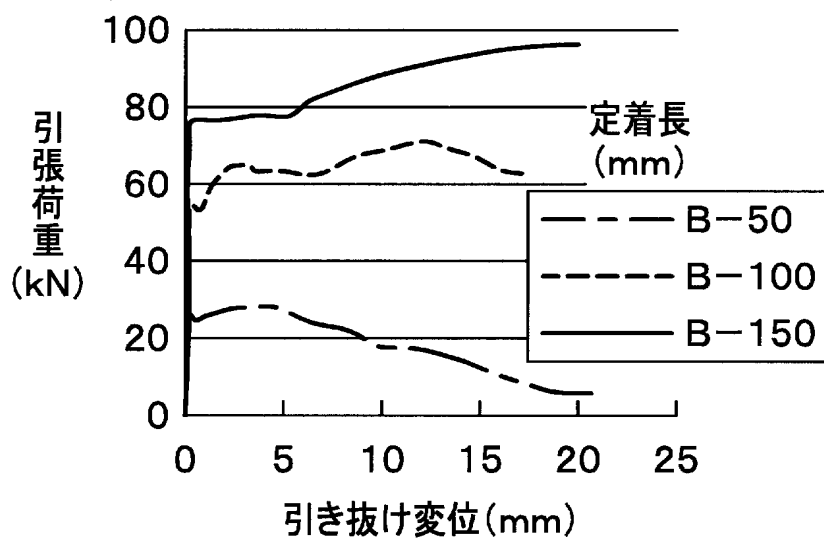


[図20]

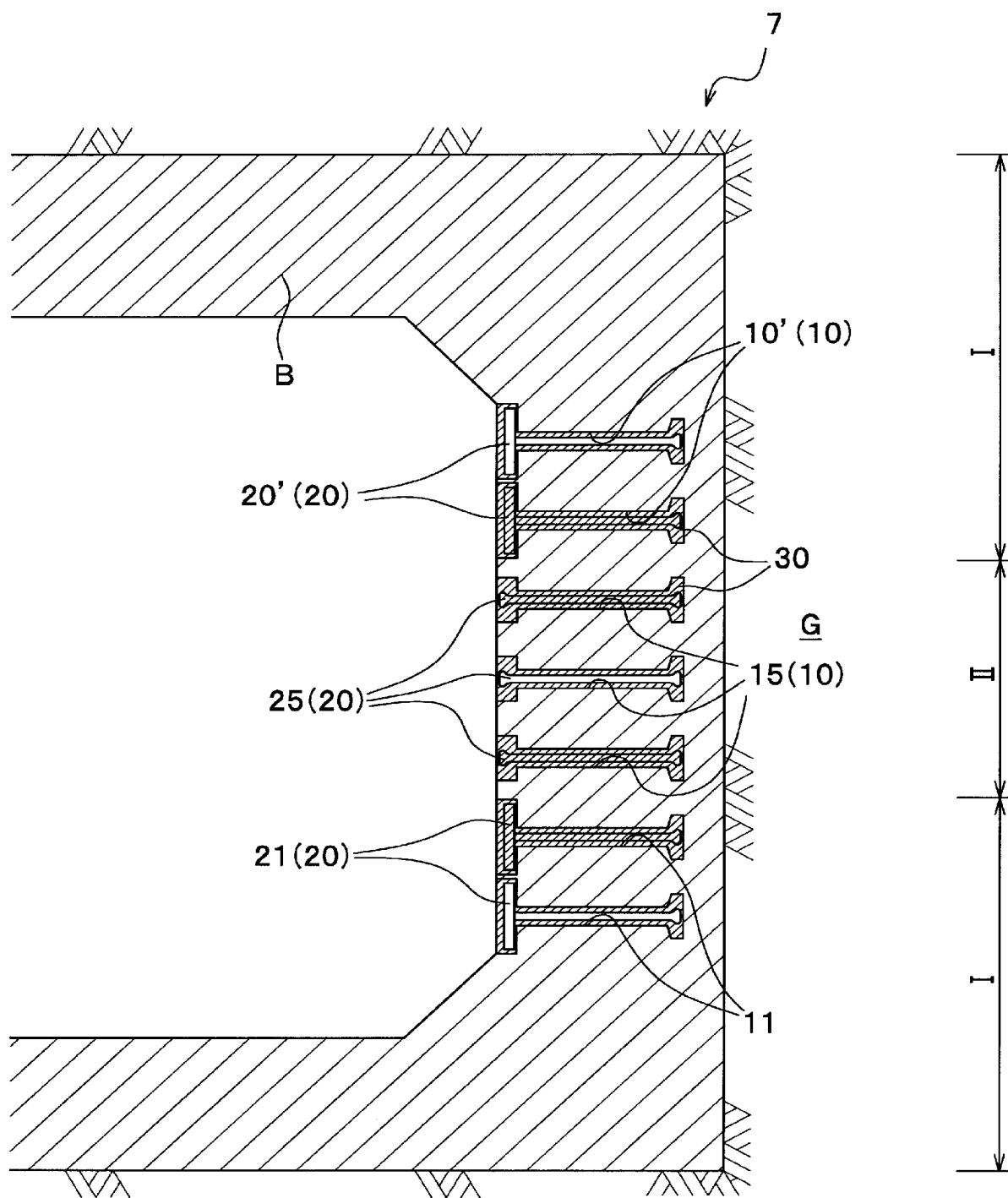
(a)



(b)

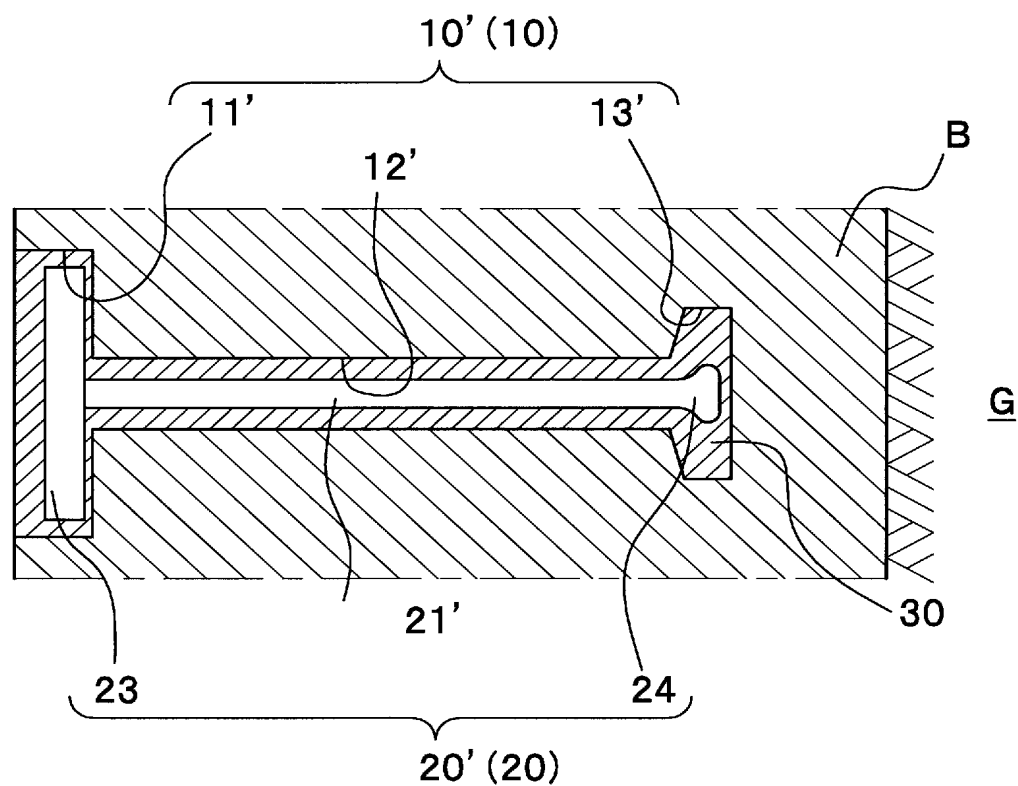


[図21]

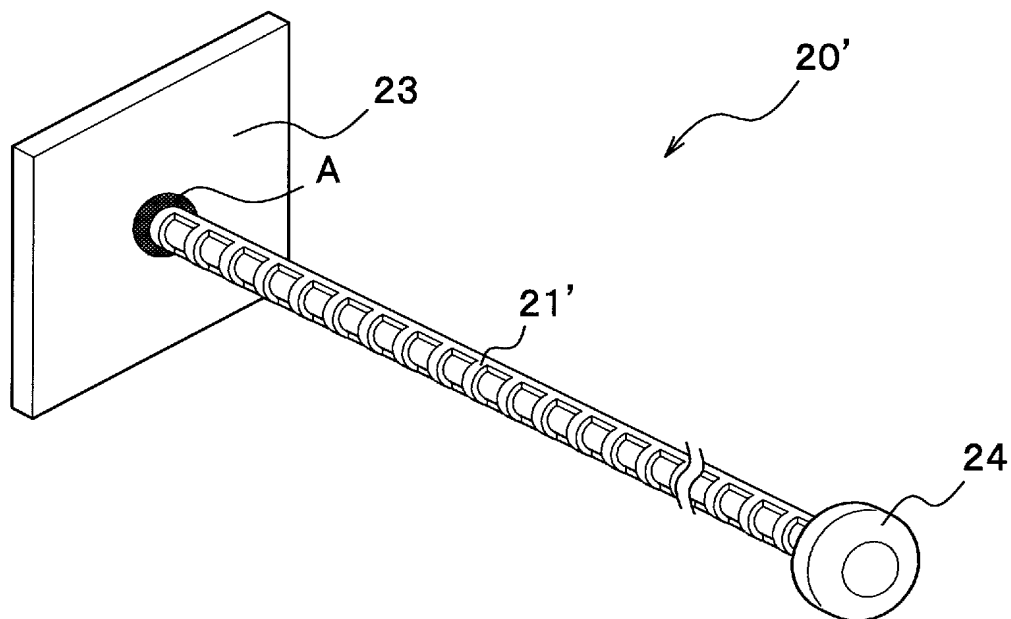


[図22]

(a)



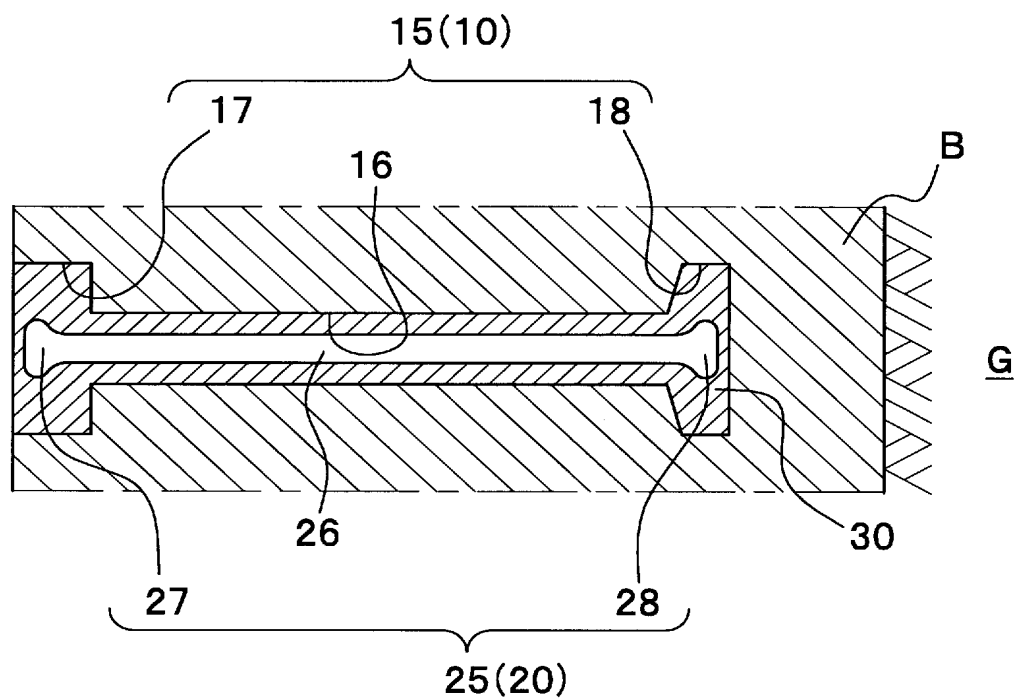
(b)



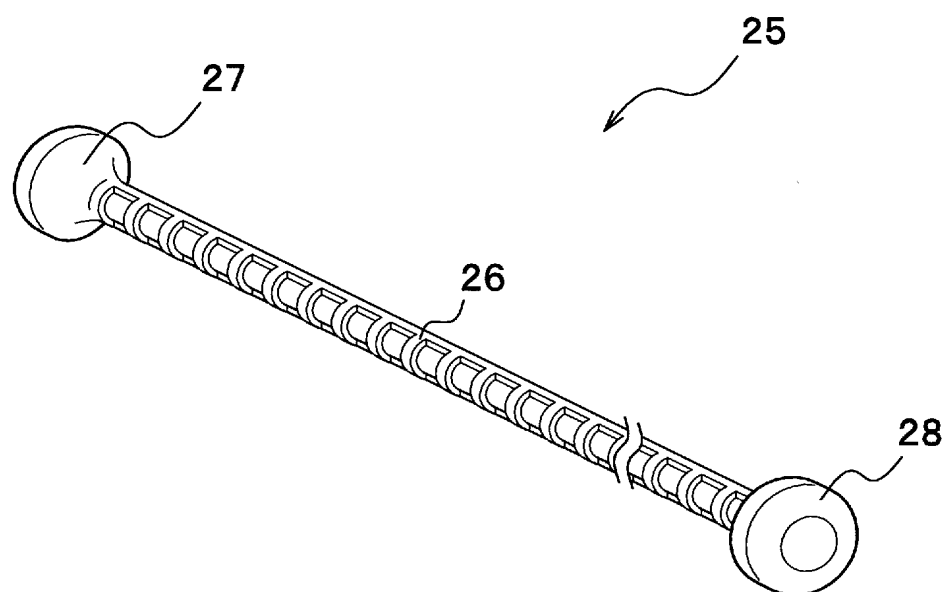


[図23]

(a)

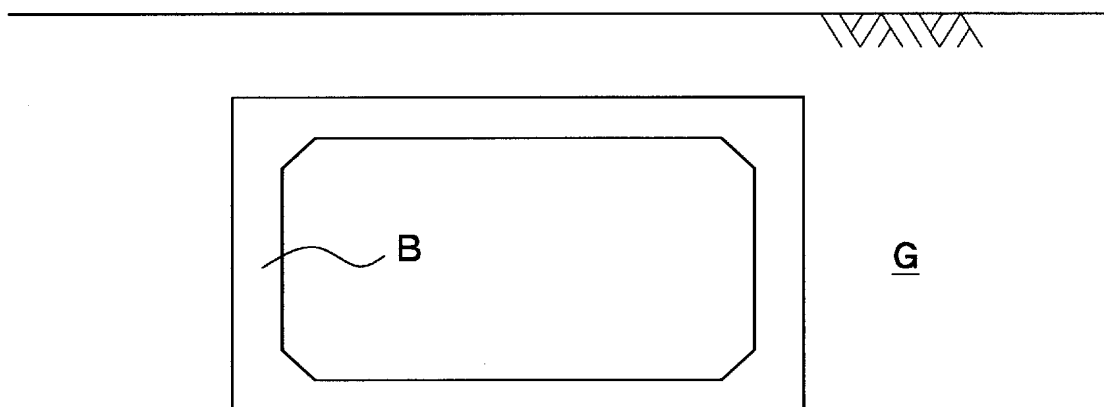


(b)

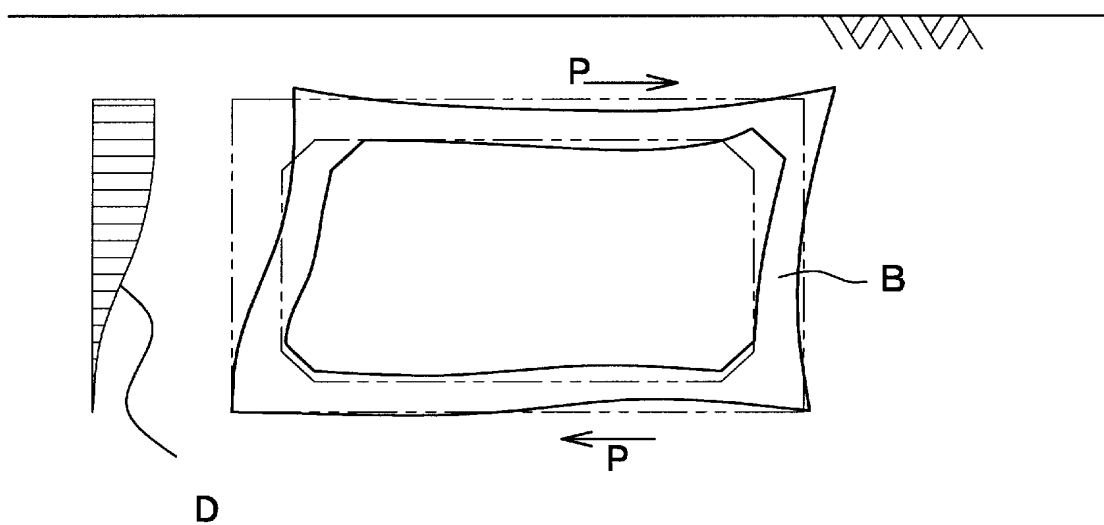


[図24]

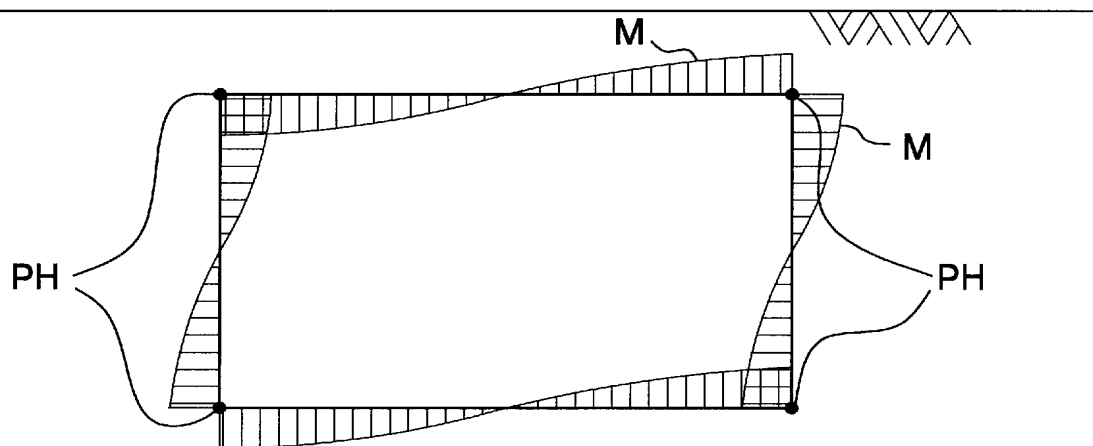
(a)



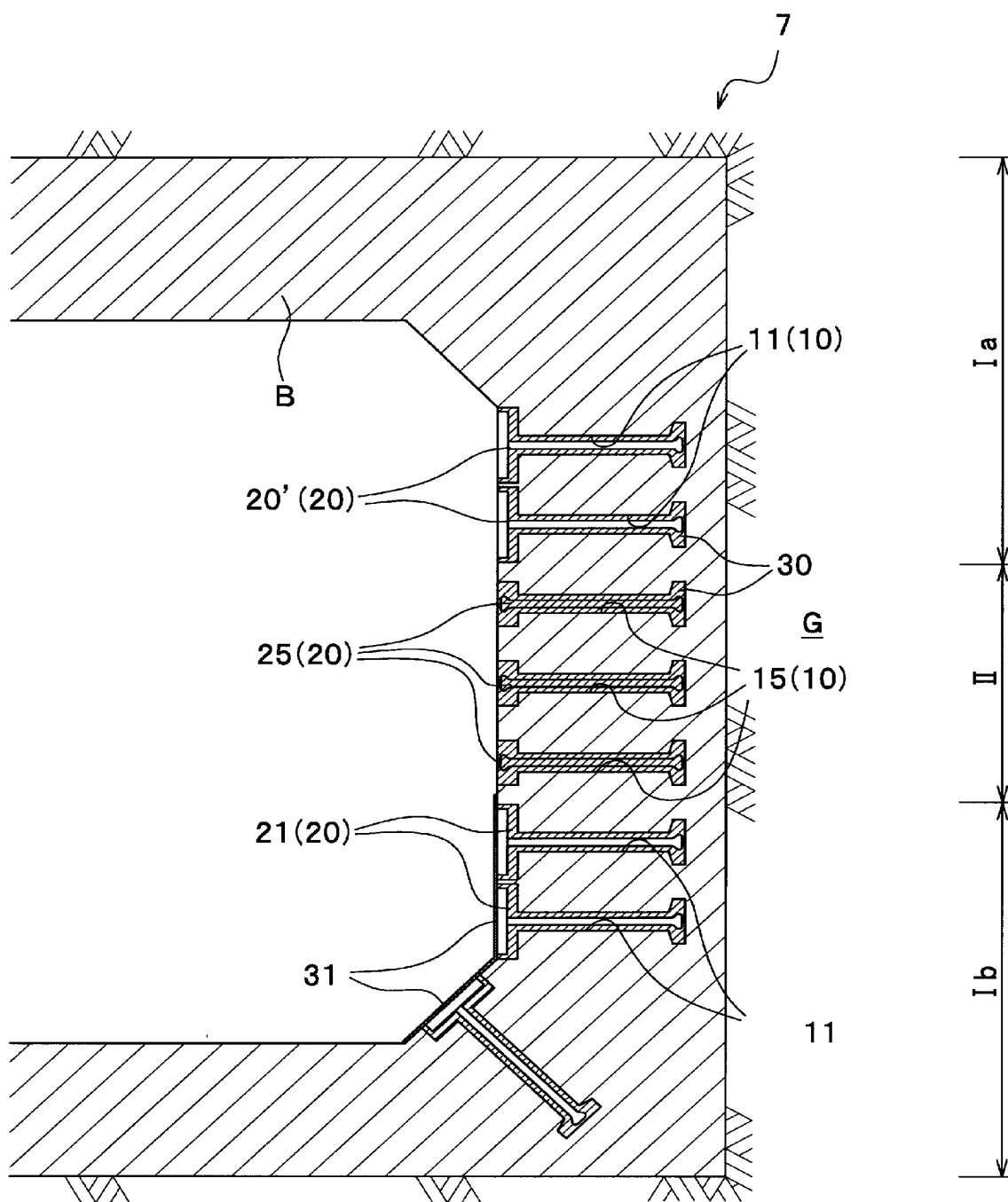
(b)



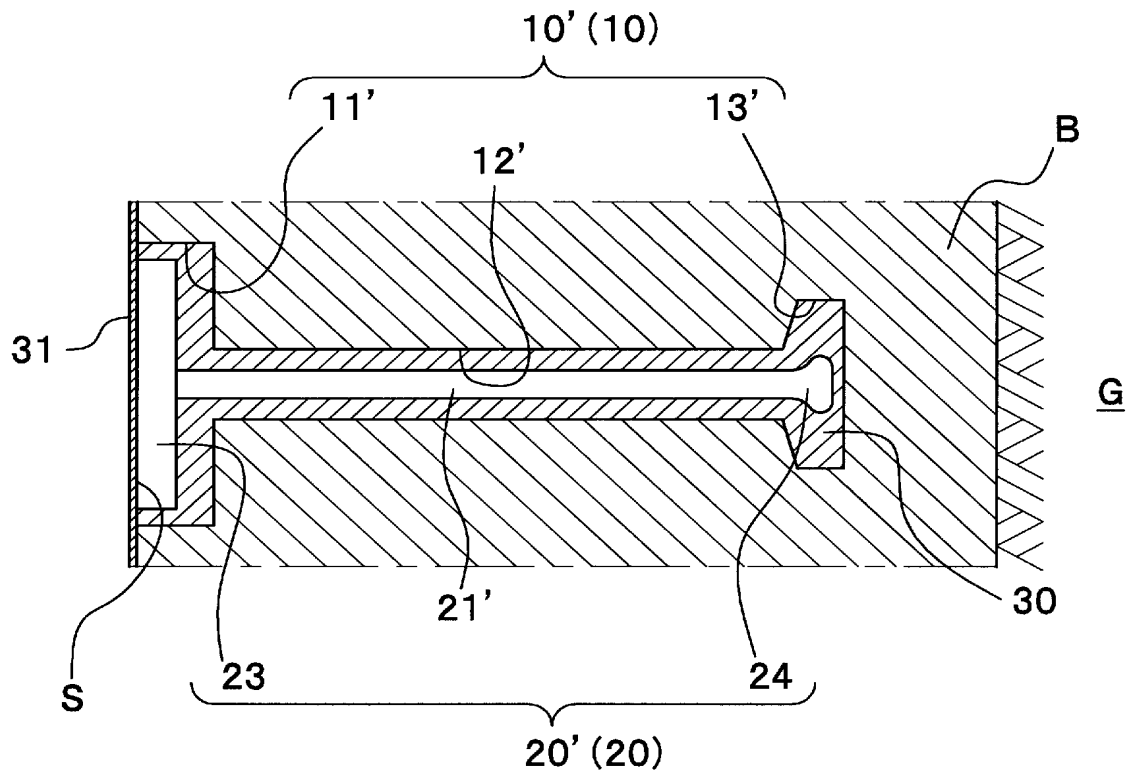
(c)



[図25]



[図26]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000296

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> E04G23/02, E04C5/16, E21D11/00, E02D37/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> E04G23/02, E04C5/16, E21D11/00, E02D37/00, C04B14/00-28/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-1113673 A (East Japan Railway Co., et al.), 18 April, 2003 (18.04.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-7, 10-17, 20-25
Y	JP 07-238690 A (Toshiharu OSAKA), 12 September, 1995 (12.09.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-7, 10-17, 20-25
Y	JP 2002-137952 A (Taiheiyo Cement Corp.), 14 May, 2002 (14.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	5-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
22 February, 2005 (22.02.05)

Date of mailing of the international search report  
15 March, 2005 (15.03.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

<b>A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))</b> Int. Cl. <sup>7</sup> E 04 G 23/02, E 04 C 5/16, E 21 D 11/00, E 02 D 37/00		
<b>B. 調査を行った分野</b> 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl. <sup>7</sup> E 04 G 23/02, E 04 C 5/16, E 21 D 11/00, E 02 D 37/00, C 04 B 14/00-28/00		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
<b>C. 関連すると認められる文献</b>		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2003-113673 A (東日本旅客鉄道株式会社 外1名) 2003.04.18, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7, 10-17, 20-25
Y	J P 07-238690 A (大坂敏治) 1995.09.12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7, 10-17, 20-25
Y	J P 2002-137952 A (太平洋セメント株式会社) 2002.05.14, 全文、全図 (ファミリーなし)	5-7
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>             国際調査を完了した日              22.02.2005           </div> <div>             国際調査報告の発送日 <b>15.3.2005</b> </div> </div>		
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 石井 哲 電話番号 03-3581-1101 内線 3245